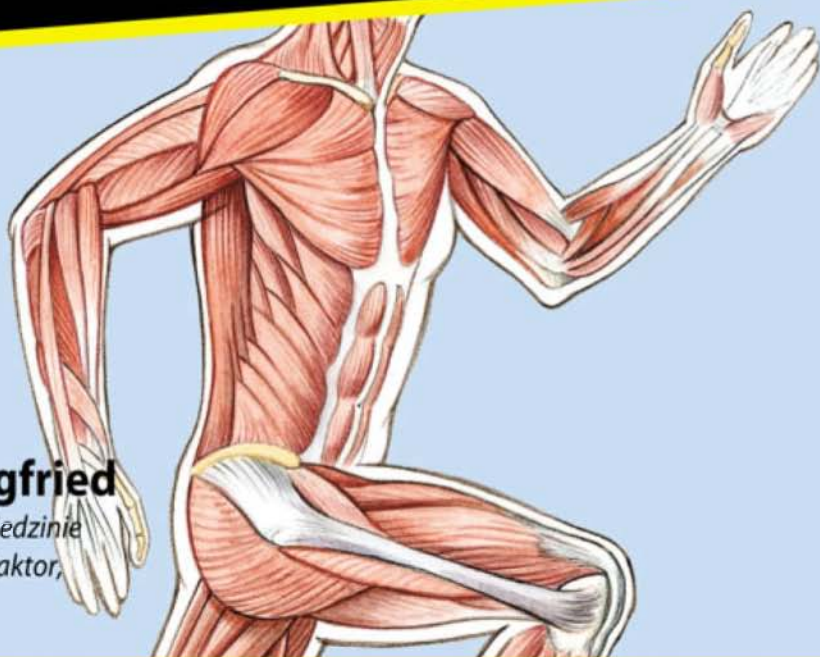


Niezwykły przewodnik po tajemniczych zakątkach ciała człowieka!

Anatomia i fizjologia DLA BYSTRZAKÓW™

Donna Rae Siegfried

Wybitna specjalistka w dziedzinie
anatomii i fizjologii — redaktor,
naukowiec, pedagog.



septem
septem.pl



DODATEK SPECJALNY:

Żyj zdrowo — proste zasady
do przestrzegania każdego dnia

Tytuł oryginału: Anatomy and Physiology for Dummies®

Tłumaczenie: Cezar Matkowski

ISBN: 978-83-246-7663-7

Original English language edition Copyright © 2004 by Wiley Publishing, Inc.

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

This translation published by arrangement with Wiley Publishing, Inc.

Oryginalne angielskie wydanie © 2004 by Wiley Publishing, Inc. Wszelkie prawa, włączając prawo do reprodukcji całości lub części w jakiegokolwiek formie, zarezerwowane. Tłumaczenie opublikowane na mocy porozumienia z Wiley Publishing, Inc.

Wiley, the Wiley Publishing Logo, For Dummies, the Dummies Man and related trade dress are trademarks of John Wiley and Sons, Inc. and/or its affiliates in the United States and/or other countries. Used under license.

Wiley, the Wiley Publishing Logo, For Dummies, the Dummies Man i związana z tym szata graficzna są markami handlowymi John Wiley and Sons, Inc. i/lub firm stowarzyszonych w Stanach Zjednoczonych i/lub innych krajach. Wykorzystywane na podstawie licencji.

Translation copyright © 2009 by Wydawnictwo Helion.

Polish language edition published by Wydawnictwo Helion.

Copyright © 2009.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

http://dlabysztrakow.pl/user/opinie?anfiby_ebook

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 032 231 22 19, 032 230 98 63

e-mail: dlabysztrakow@dlabysztrakow.pl

WWW: <http://dlabysztrakow.pl>

Printed in Poland.

- [Poleć książkę na Facebook.com](#)
- [Kup w wersji papierowej](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

.....

O autorce	11
Dedykacja	13
Podziękowania od autorki	15
Wstęp	17
O książce	17
Konwencje zastosowane w książce	18
Czego nie czytać	18
Naiwne założenia	19
Jak podzielona jest książka	19
Część I: Pozycjonowanie, czyli studia nad anatomią	20
Część II: Anatomia od stóp do głów	20
Część III: Przejdźmy do fizjologii	21
Część IV: Tworzenie nowych organizmów	21
Część V: Dekalogi	21
Ikony wykorzystane w książce	22
Co dalej	22

Część I: Pozycjonowanie, czyli studia nad anatomią25

Rozdział 1: Części jednej całości	27
Sekcja anatomii, fizjologii i patofizjologii	28
Anna Tomia i jej krewni	28
Funkcja fizjologii	29
Budowa ciała: od atomów do organów	30
Łączenie atomów w cząsteczki	32
Separowanie komórek: podstawa życia	33
Kwestia tkanek	33
Organy (nie mylić z instrumentem)	34
Organizowanie organów	34
Nazywanie części ciała	34

4 Anatomia i fizjologia dla bystrzaków

Hej, patrzmy na Ciebie!	35
Na pozycje	35
Podział anatomii	37
Mapa okolic ciała	39
Jamy ciała	40
Nikt nie jest doskonały: kiedy coś się psuje	41
Wiedzieć, co jest dla Ciebie dobre	42
Rozdział 2: Upływ czasu: co się dzieje z Twoim ciałem w ciągu całego życia	43
Ciało w ruchu: metabolizm	43
Dlaczego Twoje komórki metabolizują?	44
Jak przebiega metabolizacja	44
Obieg energii: miejsce organizmu w świecie	48
Równowaga w ciele: homeostaza	49
Poruszanie się: nie jesteś drzewem	51
Przedłużanie gatunku: rozmnażanie	52
Wzrost: wymiana komórek i rozwój	53
Materiał genetyczny: DNA, chromosomy i geny	53
Tworzenie DNA i chromosomów	55
Człowiek składa się z klocków	59
Rozdział 3: Tworzenie podstaw	63
Komórki (ale nie te, z których się dzwoni)	63
Ty zwierzaku!	63
Wewnątrz komórki	64
Organizacja komórek w tkanki	69
Ciągłość nabłonka: skóra	69
Łączenie się z tkanką łączną	70
Siła wiedzy o tkance mięśniowej	73
Nerwowość w tkankach?	74
Część II: Anatomia od stóp do głów	75
Rozdział 4: Nagie fakty na temat układu kostnego	77
Kostne tło	77
Melduję się na rozkaz: zadanie kości	78
Podział kości	78
Struktura kości	79
Zacznijmy od środka: kości szkieletu osiowego	83
Trzymaj głowę wysoko: czaszka	83
Jak trzymać się prosto, gdy kręgosłup jest krzywy	86
Klatka nie jest rzeczą złą	87

Połączenie: kośćciec kończyn	89
Obręcze: każdemu po dwie	89
Ręce i nogi	91
Zgięcie w stawach	93
Skaczące stawy	93
Do czego zdolne są stawy	94
Patofizjologia układu kostnego	96
Czemu się krzywisz?	96
Dna z dna?	97
Kłopoty z osteoporozą	97
Rozdział 5: Prężenie mięśni	99
Ile można wycisnąć z mięśni?	99
Różne rodzaje tkanek	100
Skurcze mięśni poprzecznie prążkowanych	101
Elementy odpowiedzialne za skurcz	102
Do dzieła!	104
Przerwa w działaniu	105
Skąd się bierze tonus mięśnia	107
Grupy mięśni	107
Praca z synergikami	107
Konflikt interesów: antagoniści	108
Umiejscawianie mięśni szkieletowych w ciele	108
Jak zrozumieć mięsień?	108
Nazwy mięśni, od góry do dołu	109
Patofizjologia układu mięśniowego	119
Skurcze mięśni	119
Dystrofia mięśni	120
Rozdział 6: Wielka przykrywka: skóra	121
Potrójna ochrona	121
Dotknięcie naskórka	122
Środek ze środka: skóra właściwa	124
Wejście pod skórę: warstwa podskórna	125
Przydatki skórne	125
Włosy	125
Paznokcie	126
Parę słów o gruczołach	127
Chronić swoją skórę	128
Wytwarzanie witaminy D	129
Leczenie ran	129
Kontrolowanie termostatu	131
Czuć, co się dzieje	131

Choroby skóry	132
Rak skóry	132
Oparzenia	134

Część III: Przejdźmy do fizjologii 137

Rozdział 7: Granie na nerwach: układ nerwowy139

Dobrze utkana sieć	139
Poruszanie się po układzie nerwowym	140
Integracja wejścia z wyjściem	141
Zacznijmy od komórki nerwowej	143
Przekazywanie impulsów	144
Myśleć o mózgu	148
Zachowanie świadomości: Twój mózg	149
Twój mózdzek	149
Solidna podstawa: pień mózgu	150
Zawartość komórki	152
Regulowanie systemów: międzymózgowie	152
Dochodzić do zmysłów	153
Słyszenie	153
Widzenie	155
Węch	156
Smak	157
Patofizjologia układu nerwowego	157
Stwardnienie rozsiane	157
Zwyrodnienie plamki żółtej	158
Choroba Alzheimera	158

Rozdział 8: Marudzenie o hormonach: układ wydzielniczy161

Czym są hormony?	161
Przegląd rodzajów hormonów	162
Jak działają hormony	164
Utrzymywanie normalności: homeostaza	166
Grupy gruczołów układu wydzielniczego	166
Zarządcy: podwzgórze i przysadka mózgowa	167
Tarczyca i Ty	170
Poznaj swoją grasicę	171
Płaski jak trzustka	171
Żołądek: następny gruczoł	172
Testowanie jelit	173
Nad nerkami: kora nadnerczy	173
Gonady	175

Patofizjologia układu wydalniczego	176
Cukrzyca	176
Niedoczynność tarczycy kontra choroba Gravesa-Basedowa	178
Rozdział 9: Włożyć w coś całe swoje serce: układ krążenia	181
Transport towaru: Twoja krew i jej zawartość	181
Rozcieńczanie krwi: osocze	182
Transport tlenu: czerwone krwinki	183
Dobre samopoczucie: białe krwinki	183
Układanie płytek	185
Wyzymanie kości	185
Odkrywanie przedsionków i komór: serce	185
Idź za głosem serca: fizjologia mięśnia sercowego	188
Początek ścieżki: droga krwi wiodąca przez serce i ciało	188
Wytwarzanie elektryczności: cykl serca	190
Trzymać rękę na pulsie	191
Jak działają naczynia krwionośne	191
Analiza tętnic i żył	192
Wymiana tlenu: naczynia włosowate	194
Patofizjologia układu krążenia	195
Nadciśnienie	195
Choroby serca i wylew krwi	198
Anemia sierpowata	199
Rozdział 10: Odetchnąć z ulgą: układ oddechowy	201
Anatomia układu oddechowego	202
Węszenie	202
Przełykanie faktów	203
Przez tchawicę do płuc	204
Wyściółka płuc	205
Życiodajny oddech	205
Przejście przez błonę oddechową	207
Wymiana gazów pomiędzy krwią i komórkami	209
Co może pójść nie tak	210
Asthma	210
Zapalenie oskrzeli	212
Zapalenie płuc	213
Gruźlica	214
Rozedma płuc	215
Rak płuc	215
Rozdział 11: Rozkładanie na czynniki pierwsze: układ trawienny	217
Droga pożywienia	217
Z pełnymi ustami	218
Tchawica i przełyk, czyli jak się zakrztusić	220

Przewracanie w żołądku	221
Jak mocne są jelita	222
Rozkład chemiczny	225
Organ dla żarłoków — trzustka	225
Filtr organizmu — wątroba	226
Krótką wycieczka przez woreczek żółciowy	227
Dlaczego żółć nie jest żółta	227
Zaburzenia i choroby układu trawiennego	228
Ślepa furia: zapalenie wyrostka robaczkowego	228
Brak wody: zaparcie	229
Choroba Leśniowskiego-Crohna	229
Dokąd biegnie biegunka	230
Syzyfowe prace: kamienie żółciowe	231
Skąd się bierze wirusowe zapalenie wątroby	231
Zespół jelita nadwrażliwego	233
Zapalenie trzustki	233
Wrzodzące zapalenie jelita grubego	234
Wrzody żołądka	234
Rozdział 12: Oczyszczanie: układ moczowy	237
Odwalanie brudnej roboty	237
Wyrzucanie śmieci: nerki	239
Usuwanie mocznika z komórek	241
Tworzenie moczu w nerkach	242
W dół moczowodów	244
Składowanie moczu w pęcherzu	245
Wydzielanie moczu na zewnątrz	245
Utrzymywanie homeostazy	245
Równoważenie	246
Monitorowanie ciśnienia krwi	246
Regulowanie pH	248
Zaburzenia i choroby układu moczowego	249
Infekcja dróg moczowych	249
Liczenie kamieni nerkowych	250
Problemy z prostatą	251
Nietrzymanie moczu	251
Rozdział 13: Uczciwa walka: układ odpornościowy	253
Jak pokochać swój układ limfatyczny	254
Śledziona	257
Grasica i limfocyty	258
Polowanie i atak: komórki systemu odpornościowego	259
Zapalenie to gruba sprawa	260
Na kłopoty — neutrofile!	261
Monocyty dobrze walczą	261

Obrona zdrowia przed napaścią	261
Układ dopełniacza	262
Odpowiedź odpornościowa swoista	263
Odpornościowa odpowiedź komórkowa	264
Rozwijanie odporności	266
Szczepionki	266
Odporność bierna	267
Co może się stać z układem odpornościowym	267
Choroby autoimmunologiczne	267
Alergie	269
HIV i AIDS	269

Część IV: Tworzenie nowych organizmów271

Rozdział 14: Co za produkcja! To reprodukcja!273

Tylko głupiec i kanalia lekceważy genitalia	273
Kobiety przodem: kobiecy układ rozrodczy	274
Menstruacja bez tajemnic	275
Elastyczna pochwa	279
Co jest na zewnątrz	279
Męska sprawa: męski układ rozrodczy	280
Działanie męskiego układu rozrodczego	281
Zewnętrzne narządy układu rozrodczego mężczyzny	283
Ciąża	284
Zapobieganie ciąży	286
Dla panów	286
Dla pań	286
Patofizjologia układu rozrodczego	287
Choroby weneryczne	288
Bezpłodność	290
Rak	291

Rozdział 15: Narodziny i rozwój295

Trzy trymestry	295
Bruzdkowanie: pierwszy trymestr	296
Brzuch bez widoku na morze: drugi trymestr	299
W stronę światła: trzeci trymestr	300
Komplikacje	302
Przyjście na świat	304
Droga w dół: faza pierwsza	304
Wyjście na świat: faza druga	306
Sprzątanie: faza trzecia	307
Kłopoty od samego początku	308

Rozwój przez całe życie, czyli co się dzieje po narodzinach	309
Zaczynamy od zera: okres niemowlęcy i dziecięcy	309
Bóle dorastania	310
Wiek dorosły i starczy	311

Część V: Dekalogi 315

Rozdział 16: Dziesięć sposobów na utrzymanie zdrowia i dobrej formy317

Pij wodę	317
Jedz warzywa i owoce	318
Ćwicz regularnie (nie tylko od święta)	319
Nie żałuj kremu do opalania	320
Poświęć od 7 do 9 godzin na sen	321
Odpęź się	321
Jedz owsiankę i inne ziarna	322
Myj ręce	322
Przeprowadzaj samodzielne badania piersi lub jąder	323
Uczęszczaj na regularne badania	324

Rozdział 17: Dziesięć dobrych stron internetowych

poświęconych anatomii i fizjologii325

Medisa.pl	325
Anatomia człowieka żywego	326
Przychodnia.pl	326
Wikipedia.pl	326
Resmedica.pl	327
Anatomy and Physiology	327
Tangentscientific.com	327
Bio201	328
Innerbody.com	328
Madsci.org	329

Skorowidz331

O autorce

Donna Rae Siegfried, autorka książki *Biology for Dummies*, od 14 lat zajmuje się pisaniem i redagowaniem tekstów medycznych. Naukę rozpoczęła w Moravian College w Bethlehem, w stanie Pensylwania, z mocnym postanowieniem dostania się na studia medyczne, a z czasem odkryła u siebie talent do pisania na tematy biologiczne i medyczne. W tamtych czasach przybliżanie szerokiej publiczności kwestii medycznych było wciąż w powijakach, ale podczas pracy na pobliskim Lehigh University Donna zapisała się na kurs „pisania naukowego”. Od tego momentu miała już pewność, co chce robić w przyszłości. Po skończeniu dziennikarstwa oraz studiów biologicznych zaczęła studiować etykę medyczną, rozpoczynając jednocześnie karierę pisarki naukowej.

Swoją praktykę rozpoczęła w wydawnictwie Rodale Press w Emmaus w stanie Pensylwania, gdzie pracowała pod kierunkiem redaktora tekstów ogrodniczych. Następnie, jeszcze przed ukończeniem studiów, zdobyła stałą posadę redaktorki pisma *Organic Gardening*. Niestety, choć pisanie o biologii sprawiało Donnie przyjemność, to wiedza o ogrodnictwie nie stanowiła jej mocnej strony. Dlatego też w Rodale Press przeszła na stanowisko analityka informacji. Co miesiąc czytała ponad 500 medycznych czasopism, wybierała i streszczała stosowne artykuły do archiwum, tworzyła biuletyny i pisała raporty (np. o tym, jak dostarczanie witaminy A do krajów Trzeciego Świata wiąże się z notowanymi tam przypadkami ślepoty). Zaczęła również pisać krótkie artykuły do czasopisma *Runner's World*. Opuściła Rodale Press, chcąc wykorzystać okazję pracy w wydawnictwie medycznym, a także skończyć studia magisterskie i wyjść za mąż.

Dalszą naukę podjęła na Uniwersytecie Drexel w Filadelfii, pracując jednocześnie dla wydawnictwa Williams & Wilkins, Inc. w Media w stanie Pensylwania (obecnie Lippincott Williams & Wilkins). Przyjęła tam posadę redaktora i pracowała bezpośrednio z autorami podręczników, sugerując im zmiany oraz poprawiając ich teksty i dopasowując je do wymogów National Medical Series. Często bywała też na konferencjach medycznych, gdzie miała kontakt z grupami studentów medycyny i mogła otrzymywać od nich sugestie na temat tego, jak należy poprawiać serię książek NMS, oraz informacje o tym, co jest wymagane podczas państwowych egzaminów lekarskich.

Po pięciu latach spędzonych w Williams & Wilkins Donna, jej mąż i 18-miesięczny wówczas syn przenieśli się do Germanii, małej górskiej wioski w stanie Pensylwania, aby spróbować pracy w domu. Wtedy właśnie Donna zaczęła pracować jako wolny strzelec, zakładając własną firmę — Synergy Publishing Services. Obecnie zajmuje się opracowywaniem i redakcją książek dla wydawnictw medycznych, a także pisze artykuły poświęcone przeznaczonym do leczenia stwardnienia rozsianego lekom (Avonex i Copaxone), kardiologicznej technice śródmięśniowej, rewaskularyzacji laserowej, a także niektórym alternatywnym metodom leczenia. Ma na swoim koncie dziesiątki zredagowanych popularnych książek naukowych i specjalistycznych materiałów (oraz tysiące pytań podobnych do tych z PEL). W międzyczasie miała szczęście współpracować z najwybitniejszymi naukowcami i lekarzami w swoim kraju.

Donna była również nauczycielem anatomii i fizjologii w technikum w Wellsboro w Pensylwanii. Odkryła bowiem, że uczenie sprawia jej taką samą przyjemność, jak pisanie i redagowanie tekstów. Zamierzała też pójść na studia pedagogiczne, ale wtedy, wraz z mężem i trójką dzieci, przeniosła się do Alpharetty leżącej na przedmieściach Atlanty. Występuje tam w barwach dwóch lokalnych drużyn tenisowych i gra na flecie w orkiestrze. Wciąż planuje skończyć pedagogikę i stara się przekazywać dzieciom wiedzę o zdrowiu i naukach ścisłych, aby wzbudzić w nich zainteresowanie nimi na przyszłość.

Dedykacja

Pracę nad tą pozycją miałam zacząć pewnego pięknego wtorkowego ranka we wrześniu. Moja pierwsza książka, *Biology for Dummies*, była właśnie w druku, a zatem nadeszła najwyższa pora, by rozpocząć pisanie kolejnej. Wtedy jednak odezwał się telefon. Dzwonił mój mąż. Powiedział mi, abym włączyła telewizor, gdyż w World Trade Center uderzył samolot. Kiedy włączyłam wiadomości, z budynkiem zderzała się właśnie druga maszyna. Poczułam się dziwnie. Chyba pomyślałam wtedy, że od tej chwili nasze życie nigdy nie będzie takie samo. Kiedy nieco później rozmawiałam ze swoją siostrą Melissą, powiedziała ona: „Chyba słyszałam kolejny wybuch”. Ku swemu zdziwieniu odparłam: „Nie widzę, co się dzieje, ale wygląda na to, że budynek się zawalił”.

Dorastałam w miejscu oddalonym nie więcej niż godzinę jazdy od Nowego Jorku i znałam kilkoro ludzi, którzy znajdowali się w budynkach WTC w chwili ataku. Część z nich przeżyła, ale nie bez urazów psychicznych. Wiem też, że wielu przyjaciół moich znajomych zginęło tego ironicznie pięknego poranka. Znam strażaków, którzy odpowiedzieli na pierwsze wezwanie i wyszli cało z akcji ratunkowej, a także tych, którzy ruszyli później na poszukiwanie ludzi pod gruzami. Mój mąż przez 20 lat należał do ochotniczej straży pożarnej, więc dobrze wiem, co czuje żona człowieka udającego się na niebezpieczną akcję, ale mogę jedynie wyobrażać sobie, co myślały żony strażaków ruszających na pomoc ludziom w zniszczonym WTC.

Dlatego też chcę zadedykować tę rozpoczętą kilka tygodni później książkę wszystkim ofiarom i bohaterom 11 września. Dedykuję ją też moim dwóm przyjaciółom: Michaelowi Escottowi, który tego feralnego dnia przebywał na szczęście poza miastem, ale stracił wielu bliskich przyjaciół, oraz Michaelowi Deeganowi, którego brat pomagał w ewakuacji Manhattanu, a ojczym i wuj znajdowali się w szeregach strażaków ryzykujących życie, aby pomóc ofiarom katastrofy. Wydarzenia z 11 września pomogły mi odnowić kontakty z tą dwójką wspańiałych ludzi, którzy wywarli wcześniej wielki wpływ na moje życie. Dedykuję tę książkę również Jo-Ann Fleishman, z którą miałam okazję pracować i przyjaźnić się i która była dla mnie źródłem wielkiej inspiracji. Jej szwagier był w WTC w chwili ataku, ale szczęśliwie wyszedł z tego bez szwanku. Peter Fleishman wciąż ma brata, zaś Haley i Andrew nadal mogą cieszyć się obecnością wuja.

Podobnie jak większość Amerykanów, wylałam wiele łez nad ogromem tej katastrofy. Nie mogę powstrzymać uczucia żalu, kiedy tylko pomyślę o wszystkich dzieciach w wieku moich własnych, które znajdowały się na pokładach obu samolotów albo straciły w tej tragedii swoje matki, ojców i inne ukochane osoby. Właśnie im dedykuję miesiące pracy nad tą książką. Dedykuję ją też odnowionemu duchowi Amerykanów oraz wszystkim dobrym rzeczom, które poznamy w przyszłości, a mającym swój początek w tym tragicznym dniu.

Moją pracę poświęcam swoim dzieciom, Abby i Ryanowi, którzy nie rozumieli, dlaczego ich mama płakała we wrześniu, oraz Stevenowi, który wykazał się wielkim patriotyzmem, choć początkowo myślał, że to w naszej rodzinie stało się coś złego. Dedykuję ją też naszej siostrzenicy Marissie, której w tym dniu zakładano gips, i mam nadzieję, że zapamięta ona 11 września 2001 roku jako dzień, w którym złamała rękę, nie zaś jako ten, w którym pękło serce Ameryki.

Dedykuję tę książkę również nadziei na trwały pokój na całym świecie, który nie ograniczy się do krótkotrwałych rozejmów czy zawieszenia broni, ale będzie wynikał z tolerancji i poszanowania dla innych kultur i opinii oraz z umiejętności zawierania kompromisów. Dedykuję ją zrozumieniu faktu, że ludzie modlą się do jednego Boga, nawet jeżeli tworzą różne religie, które przecież nigdy nie są błędne, a właśnie różne. Dedykuję ją również zrozumieniu tego, że osoby, zwłaszcza kobiety, pochodzące z innych kręgów kulturowych są takimi samymi ludźmi, jak wszyscy inni, i są tak samo potrzebne w społeczeństwie.

Mogę przedstawić moim czytelnikom, w jaki sposób jest zbudowane i jak funkcjonuje ludzkie działo, ale nie jestem w stanie wyjaśnić, jak działają serca i umysły terrorystów, którzy sądzą, że robią dobrze, mordując niewinnych ludzi w imię Boga. Mogę opisać działanie ich mózgów, ale nie jestem w stanie wyjaśnić tego, jak przebiegały ich procesy myślowe. Mogę tylko mieć nadzieję, że mieszkańcy pozostałej części cywilizowanego świata staną się mniej popędliwi i bardziej racjonalni, aby mogli rozwiązywać problemy na drodze dyskusji, nie wojny. Pragnę, by wszyscy jak najszybciej zrozumieli, jak wspaniałe może być ludzkie życie oraz jak niepowtarzalną osobą jest każdy z nas. Boże, błogosław Amerykę i cały świat.

— *Donna Rae Siegfried*

Podziękowania od autorki

Przed wszystkim chciałabym podziękować swojej rodzinie, która po raz kolejny zdjęła z moich barków obowiązki żony i matki, aby pomóc mi w dobrym odegraniu roli autorki. Wielu czytelników nie zdaje sobie sprawy, jak wiele wysiłku potrzeba do napisania i wydania książki. Pisanie kolejnych pozycji z serii *Dla bystrzaków* zwykle wiąże się z dotrzymywaniem ścisłych terminów, więc od początku do końca projektu niemalże każdą wolną chwilę należy poświęcać na pracę. Dla moich dzieci oznaczało to kilka miesięcy, w czasie których mama nie mogła czytać im bajek na dobranoc, zabierać ich na spacer do parku, przyrządzać im obiadu czy bawić się z nimi w ciągu dnia. Obowiązki te przejmował mój mąż, Keith, który zwykle szedł spać, zanim skończyłam pracę późno w nocy, więc często nie miałam okazji wyrazić mu wdzięczności za wszystko, co robił. Teraz chcę mu to wynagrodzić, dziękując przede wszystkim jemu. Moje podziękowania składałam również wszystkim innym, którzy mi pomogli: moim dzieciom — Stevenowi, Abby i Ryanowi, naszym sąsiadom (i przyjaciółom) Vicky King, Kathryn Ericson i Janowi Pixowi, do których domów często przychodziły, abym ja mogła pracować, a także innym mieszkańcom mojej okolicy, którzy zaoferowali mi swoją pomoc. Chcę też wyrazić wdzięczność moim przyjaciółkom: A.J. Peiffer, Lynn Reinhart, Beverly Gray, Colleen Marx, Patty Reiss, Kristin Weger, Kelly Totten i Elise Armstrong, wszystkim członkom mojej drużyny tenisowej Medlock Bridge, Johnowi O'Nealowi, organiście z naszego kościoła, który dostarczał mi materiałów do gry na flecie, dzięki czemu mogłam odpocząć od pracy, mojej siostrze Melissie Jurnock, mamie Gail Bonstein, mojemu ojcu Rayowi Male'owi, mojej ciotce Barbarze Barr, moim szwagierkom: Christine Siegfried i, możecie wierzyć lub nie, drugiej Christine Siegfried. Dziękuję wam za tak potrzebne mi słowa zachęty i zrozumienia. Jesteście wspaniałymi przyjaciółmi!

Na gruncie zawodowym chciałabym złożyć podziękowania mojej agentce, Sue Mellen, za pomoc w ukończeniu tego projektu, a także jej asystentce, Barb Cahoon, która informowała mnie o wszystkich ważnych sprawach. Bardzo też dziękuję innym ludziom z wydawnictwa Wiley: Roxane Cerdzie za koordynację projektu i zdobywanie ilustracji, Lindzie Brandon i Marcii Johnson za redakcję, Johnowi Langdonowi za korektę techniczną oraz Katherine Born za sprawdzenie faktów. Chciałabym też podziękować kilku wspaniałym redaktorom, z którymi miałam okazję współpracować w przeszłości i którym zawdzięczam swoją wiedzę i umiejętności: Claire Kowalchik, Jo-Ann Fleishman, Jane Velker, Debrze Dreger, Jane Edwards, Susan Keller, Melanie Cann, Amy Dinkel, Beth Goldner, Laurie Forsyth, Susan Kelly, Mattowi Harrisowi i Jimowi Harrisowi. Chcę, abyście wiedzieli, jak wspaniale mi się z wami pracowało, i życzę wam wszystkiego najlepszego.

Podziękowania od wydawcy oryginału

Jesteśmy dumni z tej książki. Prosimy o przesyłanie wszystkich uwag za pomocą formularza internetowego serii Dummies, który znajduje się pod adresem www.dummies.com/register.

W wydaniu tej książki pomogli nam między innymi:

Acquisitions, Editorial, and Media Development

Project Editor: Linda Brandon, Marcia L. Johnson

Acquisitions Editor: Roxane Cerda

Copy Editor: Esmeralda St. Clair

Technical Editor: John Langdon

Editorial Managers: Christine Meloy Beck, Jennifer Ehrlich

Editorial Supervisor: Michelle Hacker

Editorial Assistant: Nivea C. Strickland

Cover Illustration: Kathryn Born, MA

Production

Project Coordinator: Regina Snyder

Layout and Graphics: Kelly Hardesty, LeAndra Johnson, Brian Massey, Jackie Nicholas, Shelly Norris, Laurie Petrone, Brent Savage, Julie Trippetti, Jeremy Unger, Mary Virgin

Special Art: Kathryn Born

Proofreaders: John Greenough, Andy Hollandbeck, Carl Pierce, Linda Quigley, Dwight Ramsey

Indexer: TECHBOOKS Production Services

Special Help:

E. Neil Johnson, Tonya Maddox, Patricia Yuu Pan

Publishing and Editorial for Consumer Dummies

Diane Graves Steele: Vice President and Publisher, Consumer Dummies

Joyce Pepple: Acquisitions Director, Consumer Dummies

Kristin A. Cocks: Product Development Director, Consumer Dummies

Michael Spring: Vice President and Publisher, Travel

Brice Gosnell: Publishing Director, Travel

Suzanne Jannetta: Editorial Director, Travel

Publishing for Technology Dummies

Richard Swadley: Vice President and Executive Group Publisher

Andy Cummings: Vice President and Publisher

Composition Services

Gerry Fahey: Vice President of Production Services

Debbie Stailey: Director of Composition Services

Wstęp

Witamy w *Anatomii i fizjologii dla bystrzaków*, Twojej osobistej instrukcji obsługi Twojego własnego ciała! Każdy powinien posiadać taki podręcznik. Z pewnością masz instrukcję obsługi swojego samochodu, grilla, odtwarzacza DVD czy nawet telefonu, dlaczego zatem nie nabyć książki opisującej działanie Twojego własnego organizmu? Jak by na to nie patrzeć, ciało jest jedynym „urządzeniem”, którego używasz przez całe swoje życie, dlatego też warto wiedzieć, z jakich części się ono składa, w jaki sposób działa i jak jego poszczególne elementy współpracują ze sobą.

Rzecz jasna, im więcej czytasz na temat anatomii i fizjologii, tym więcej informacji zaczyna układać się w logiczną całość. Każdego dnia Twoje ciało ulega cyklicznym procesom, które pozwalają Ci funkcjonować. Po kilkukrotnym przyjrzeniu się tym zjawiskom cały mechanizm działania organizmu może nagle okazać się wyjątkowo jasny, a jednocześnie zadziwiający. Ważne jest również poznanie umiejscowienia i sposobu działania poszczególnych narządów.

Ciało ludzkie jest zdumiewające i można je traktować nawet jako dzieło sztuki. Postaraj się wczuć w swój organizm i zrozumieć, w jaki sposób działa. Mam nadzieję, że ta wiedza pomoże Ci zrozumieć, że jesteś osobą wyjątkową, oraz da Ci odpowiedź na pytania, jak i dlaczego należy dbać o własne ciało.

O książce

Choć na pierwszy rzut oka ludzki organizm może wydawać się bardzo złożony, można go skutecznie przeanalizować, omawiając kolejno poszczególne narządy i układy. Takie podejście pozwala zdjąć zasłonę tajemnicy z pewnych zjawisk, które codziennie zachodzą w Twoim ciele, takich jak oddychanie, jedzenie, wydalanie, krążenie krwi czy gojenie się ran. Każdy z układów posiada konkretne zadania, a jego funkcjonowanie często jest ściśle połączone z działaniem innych. Większość zawartych w niniejszej książce rozdziałów będzie skupiała się na pojedynczych układach organizmu. Poza ich opisem znajdziesz tu wiele wiadomości na temat tego, w jaki sposób pielęgnować swoje ciało oraz gdzie szukać dodatkowych informacji.

Konwencje zastosowane w książce

Książki poświęcone anatomii pisane są zwykle w taki sam sposób. Większość rozdziałów skupia się na analizie pojedynczych układów i wyjaśnia położenie oraz działanie poszczególnych narządów. Pod tym względem niniejsza pozycja nie odbiega od tej konwencji, która jest wynikiem takiej a nie innej struktury ludzkiego organizmu. W tej materii nie da się niczego zmienić.

Mimo to postaram się nieco nagiąć tradycyjną formę podręczników anatomii. Przede wszystkim, nie będę przesadzać z ilością stosowanej terminologii naukowej. Klasyczne podręczniki mogą być bogatszym źródłem informacji, ale łatwo też mogą znudzić często powtarzającymi się zdaniemami w rodzaju: „...znajduje się na grzbietowej stronie kości [...] stanowi miejsce przyczepu mięśnia przedniego skroniowego, posiada wiele kanałów oraz chroni żyłę prowadzącą do zatoki bocznej i tętnicę skroniową zaopatrującą w krew oponę twardą”.

Będę pisać prostym językiem. Prowadząc kursy anatomii i fizjologii dla dorosłych, zauważyłam, że stosowanie klasycznych terminów utrudniało słuchaczom umiejscowienie narządów we własnym ciele, przez co niektórzy rezygnowali z prób zrozumienia dalszych informacji, zanim jeszcze zaczęłam je przedstawiać. Dlatego też w niniejszej książce będę korzystać z prostych wyrażeń, takich jak „przed”, „pod”, „z prawej strony” itp. W ten sposób łatwiej będzie Ci zrozumieć, gdzie znajdują się wszystkie omawiane narządy. Aby jednak metoda ta mogła zadziałać, należy zrobić dwie rzeczy. Po pierwsze, musisz myśleć w sposób anatomiczny (patrz rozdział 1.), po drugie, musisz korzystać z załączonych rysunków. Jeżeli spełnisz te dwa warunki, wyniesiesz z lektury tej książki znacznie więcej.

Ponadto nie korzystam z dużej ilości nazw łacińskich, gdyż terminologia anatomiczna i fizjologiczna sama w sobie zawiera sporo słów pochodzenia łacińskiego i greckiego. Tam, gdzie będzie to konieczne, postaram się wyjaśnić obce wyrazy. Sądzę, że w ten sposób lektura tej książki będzie przyjemniejsza i mniej męcząca.

Czego nie czytać

Nie musisz traktować każdej zamieszczonej tu informacji jako lektury obowiązkowej (o ile, rzecz jasna, nie jesteś moją matką). Teksty umieszczone w ramkach zawierają na przykład wiadomości rozszerzone i ich lektura nie jest konieczna do zrozumienia poszczególnych rozdziałów.

Naiwne założenia

Pisząc tę książkę, zakładałam, że należysz do przynajmniej jednej z trzech niższej wymienionych grup:

- ✓ uczniów przygotowujących się do egzaminu wstępnego do liceum lub na studia;
- ✓ uczniów lub studentów, którzy starają się powtórzyć i uporządkować wiedzę zdobytą na zajęciach z anatomii i fizjologii;
- ✓ dorosłych biorących udział w kursie anatomii i fizjologii, zainteresowanych uczestnictwem w takim kursie lub przygotowujących się do egzaminu z tego zakresu.

Być może nie należysz do żadnej z tych kategorii i jesteś po prostu człowiekiem chcącym dowiedzieć się więcej na temat funkcjonowania niezwyklej maszyny, jaką jest jego ciało. Być może interesuje Cię, skąd się biorą pewne różnice w działaniu różnych organizmów. A może to, co możesz jeść, ile możesz wypić albo czy codzienne ćwiczenia mogą poprawić stan Twojego zdrowia. Może być też tak, że ciekawi Cię cykliczny charakter życia ludzkiego i sposób, w jaki się ten cykl odbywa.

Niezależnie jednak od powodów, dla których zdarzyło Ci się rozpocząć lekturę tej książki, postaram się zrobić co w mojej mocy, aby wyjaśnić Ci wszystkie zagadnienia związane z anatomią i fizjologią w sposób jak najprostszy i jak najbardziej przystępny.

Jak podzielona jest książka

Żółto-czarna książka, którą trzymasz w dłoniach, jest uporządkowana według bardzo prostego schematu. Przed konkretnym opisem poszczególnych układów i narządów znajduje się kilka rozdziałów traktujących o ogólnych zagadnieniach związanych z anatomią i fizjologią, takich jak anatomiczne pozycjonowanie, różne aspekty organizmu, czynności niezbędne do życia czy podział ciała ludzkiego. W części poświęconej anatomii znajdziesz dokładny opis kości, mięśni oraz pokrywającej je skóry, zaś w rozdziałach dotyczących fizjologii przeczytasz o poszczególnych układach i składających się na nie organach. Rozwojowi ludzkiego organizmu poświęcona jest osobna część, w której znajdują się rozdziały opisujące procesy rozmnażania, narodzin oraz wzrostu. W ostatniej części zamieściłam informacje pomagające zwiększyć kontrolę nad własnym ciałem i przydatne w zdobyciu większej wiedzy.

Część I: Pozycjonowanie, czyli studia nad anatomią

Zanim przejdę do wyjaśniania położenia i funkcji poszczególnych narządów, musisz mieć pewien punkt odniesienia pomagający je szybko znaleźć. Musisz wiedzieć, że ciało przedstawiane jest na wzór Twojego odbicia w lustrze, gdy trzymasz dłonie odwrócone od siebie. Jeżeli o tym zapomnisz, możesz mieć kłopoty z rozróżnieniem stron, a nie chciałabym wpoić Ci przekonania, że wątroba znajduje się po lewej!

W tej części książki poświęcę też trochę miejsca na omówienie ciała jako jednego *organizmu*. W rozdziale 1. dowiesz się, że człowiek jest organizmem żywym w taki sam sposób, w jaki jest nim np. dżdżownica. Każdy organizm składa się z pewnych systemów, które tworzone są przez współpracujące ze sobą narządy zbudowane z tkanek, te zaś złożone są z komórek, które dzielą się na molekuły składające się z pojedynczych atomów. Choć wszystkie organizmy komórkowe są z grubsza takie same, omawiając poszczególne, dotyczące ich kwestie, postaram się wyjaśnić, skąd biorą się różnice między nimi.

Rozdział 2. stanowi wstęp do części poświęconej fizjologii. Opisałam w nim podstawowe procesy komórkowe mające miejsce we wszystkich organizmach, w tym także u ludzi. Są to, m.in. metabolizacja, homeostaza (utrzymywanie równowagi), wzrost, przekazywanie energii, poruszanie się i rozmnażanie. W rozdziale tym znajdziesz też podstawowe informacje z zakresu genetyki, np. opis transferu materiału genetycznego w czasie podziałów komórki.

W rozdziale 3. poznasz podstawy anatomii, analizując obszary, jamy, regiony i membrany ludzkiego ciała, co przygotuje Cię do przyswojenia sobie informacji zawartych w częściach II i III.

Część II: Anatomia od stóp do głów

W części tej skupimy się na przedstawieniu kośćca, pozwalających mu się poruszać mięśni oraz chroniącej je z zewnątrz skóry. Ponadto, począwszy od rozdziału 4., w każdym następnym znajdziesz sekcję poświęconą patofizjologii, która jest działem fizjologii opisującym rozwój chorób w wyniku zmian w układach lub w poszczególnych narządach. Opiszę tam najbardziej znane choroby i zaburzenia. Fizjologia wyjaśnia, w jaki sposób poszczególne części ciała współpracują ze sobą i jak działa organizm, patofizjologia tłumaczy zaś, co się dzieje, kiedy przestaje on funkcjonować właściwie.

Część III: Przejdźmy do fizjologii

W tej części opiszę poszczególne układy. Wszystkie kursy anatomii i fizjologii rozpoczynają się od poznania podstawowych kwestii anatomicznych, ale większa część takich studiów poświęcona jest właśnie działaniu poszczególnych składowych organizmu. Część ta jest z konieczności długa, gdyż ludzkie ciało składa się z wielu różnych narządów. Jako że głównym celem tej książki jest wyjaśnienie Ci ogólnych zasad rządzących jego funkcjonowaniem, nie ma sensu pomijać żadnego układu odgrywającego w nim istotną rolę. Jedynym wyjątkiem od tej reguły będzie system rozrodczy, któremu poświęcimy osobną część mówiącą o powstawaniu i rozwoju nowych organizmów.

Część IV: Tworzenie nowych organizmów

Części II i III opisywały struktury i procesy, dzięki którym każdy organizm (męski czy żeński) jest w stanie żyć, oddychać, po prostu funkcjonować. W części IV skupimy się zaś na podtrzymywaniu ciągłości cyklu życia, czyli powstawaniu nowych organizmów ludzkich, ich narodzinach i rozwoju. Mówiąc o rozwoju, mam na myśli cały jego proces, od poczęcia do zgonu, obejmujący wszystkie zmiany, jakim podlega organizm przechodząc przez fazę zygoty, zarodka, płodu, niemowlęcia, dziecka, nastolatka i dorosłego. Być może sam pomysł przedstawienia nieuniknionego procesu starzenia się wydaje się dość ponury, ale wszystko to jest tak naprawdę rzeczą jak najbardziej naturalną dla każdego z nas.

Mam nadzieję, że po przeczytaniu niniejszej książki zaczniesz rozumieć, że jesteś częścią natury, i bardziej docenisz swoje ciało, ciesząc się nim do chwili zamknięcia się cyklu życia.

Część V: Dekalogi

W części tej znajdziesz dwa użyteczne rozdziały. Jeden z nich opisuje sposoby utrzymywania dobrego stanu zdrowia, które, mam nadzieję, zaczniesz wprowadzać w życie, gdy już zrozumiesz zasady rządzące działaniem Twojego organizmu. W drugim rozdziale znajdziesz zaś ciekawe strony internetowe zawierające dalsze informacje na temat anatomii i fizjologii, a także będziesz mieć możliwość przetestowania swojej wiedzy. Baw się dobrze!

Ikony wykorzystane w książce

Małe, okrągłe obrazki na marginesach to ikony mające na celu zwrócić Twoją szczególną uwagę na kwestie jej wymagające.



Symbol tarczy strzeleckiej oznacza informacje pomagające lepiej zrozumieć wiedzę na temat anatomii albo wskazówki dotyczące lepszego stylu życia.



Ta ikona wskazuje miejsca, w których bardziej szczegółowo przybliżam zagadnienia naukowe lub techniczne, posługując się przy tym codziennym językiem. Symbol ten oznacza również dodatkowe wiadomości pomagające lepiej zrozumieć kwestie związane z anatomią i fizjologią.



Informacje opatrzone tym znakiem to ciekawostki na temat funkcjonowania ciała. Szczególnie przydają się one do imponowania innym na spotkaniach (lub zniesmaczania co wrażliwszych osób).



Ikona ta ma wspomóc działanie Twojej pamięci. Podkreślana przez nią informacja jest, moim zdaniem, na tyle istotna, by należało zapamiętać ją na stałe. Czasami też znakiem tym będę opatrywać wiadomości wiążące się z czymś, co zostało opisane już wcześniej. Jeżeli chcesz w miarę szybko zapoznać się z podstawami anatomii oraz fizjologii, przekartkuj książkę w poszukiwaniu tych ikon. Dzięki nim nie musisz niczego zakreślać markerem!

Co dalej

Podobnie jak w przypadku wszystkich książek z serii *Dla bystrzaków*, możesz z powodzeniem zacząć lekturę od dowolnego rozdziału, czytając poszczególne fragmenty w oderwaniu od siebie. Osobiście sugeruję jednak zapoznanie się z nią w podanej kolejności, gdyż w ten sposób będziesz poznawać stopniowo coraz bardziej złożone struktury. Komórki budują tkanki, z których składają się narządy stanowiące części składowe układów, które z kolei tworzą organizm. Analogicznie, wiedzę anatomiczną i fizjologiczną najlepiej zgłębiać, odwołując się do tego, co zostało przedstawione wcześniej. Zrozumienie działania systemu odpornościowego jest trudne, jeżeli nie zna się zasad funkcjonowania układu krążenia. Poznanie mechanizmów rządzących przemianą składników odżywczych i tlenu w energię też jest utrudnione, jeżeli nie wiesz, dlaczego Twój organizm tego potrzebuje. Jeśli jednak posiadasz już pewną wiedzę na temat metabolizmu i budowy ciała, nic nie stoi na przeszkodzie, abyś zaczął lub zaczęła czytać losowo wybrane fragmenty

niniejszej książki. Sugeruję też, aby przeczytać ją więcej niż raz. Możesz przykładowo zapoznać się z nią od początku do końca, a następnie przeczytać ją ponownie, tym razem w dowolnej kolejności.

Im więcej będziesz czytać na temat anatomii, tym mniej skomplikowana będzie Ci się wydawać fizjologia. Po pewnym czasie zauważysz, że ciało ludzkie przestanie Ci się wydawać niezwykle złożoną maszyną i zaczniesz ją widzieć jako przejrzyste zorganizowany system działających w bardzo logiczny sposób układów.

Część I

Pozycjonowanie, czyli studia nad anatomią

The 5th Wave

By Rich Tennant



W tej części...

Zanim zaczniesz zdobywać wiedzę na temat tego, gdzie są położone i jak działają poszczególne narządy, w rozdziale 1. znajdziesz informacje o poszczególnych częściach organizmu, od najdrobniejszych (atomy) do największych (układy). W rozdziale 2. przedstawiłam spis działań, które Twoje ciało musi podejmować, aby przeżyć i pozwolić Ci na przedłużenie gatunku. Znajdują się w nim takie funkcje, jak metabolizacja żywności i tlenu, rozmnażanie, utrzymywanie równowagi pomiędzy organizmem (jego narządami) a otoczeniem, a także rozwijanie i zastępowanie komórek w procesie starzenia. W części poświęconej wymianie komórek opiszę także podstawy genetyki. Następnie, w rozdziale 3., wyjaśnię, w jaki sposób można postrzegać ludzkie ciało w miarę rozwoju wiedzy na temat jego struktury i działania.

Rozdział 1

Części jednej całości

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Dowiesz się, czym zajmuje się anatomia.
 - ▶ Odkryjesz, czym są fizjologia i patofizjologia.
 - ▶ Zrozumiesz, czego organizm potrzebuje do przetrwania.
 - ▶ Wstęp do anatomii: regiony i jamy.
-

Kiedy mamy styczność z częściami ciała zwierząt, na przykład w sklepie mięsnym, na ogół interesuje nas wyłącznie gastronomiczna przydatność poszczególnych fragmentów czy podrobów. Jednak gdy mamy do czynienia z żyjącymi organizmami, musimy mieć świadomość tego, że dane organy nie są jedynie ogólnymi „kawałkami” ciała, lecz wyspecjalizowanymi narządami pełniącymi ściśle zdefiniowane funkcje, bez których organizm nie jest w stanie poprawnie działać. Wszystkie te narządy współpracują ze sobą, aby umożliwić Ci właściwe funkcjonowanie.

Nauka zajmująca się ich strukturą i umiejscowieniem to *anatomia*, zaś nauka skupiająca się na ich działaniu nosi nazwę *fizjologii*. Pierwsza z nich wydatnie pomaga w uczeniu się drugiej, ponieważ kiedy starasz się zrozumieć na przykład mechanizm działania ludzkiego serca, przyjdzie Ci to łatwiej, jeśli będziesz w stanie wyobrazić sobie, jak wyglądają poszczególne komory, zastawki i naczynia krwionośne, oraz w jaki sposób pomagają one w przepływie krwi. W niniejszym rozdziale chcę przedstawić Ci podstawy zarówno anatomii, jak i fizjologii oraz wyjaśnić, dlaczego te dwie gałęzie biologii często występują wspólnie. Dodatkowo z jego lektury dowiesz się, w jaki sposób należy odczytywać rysunki anatomiczne, a także tego, z jakich warstw składa się Twoje ciało.

Sekcja anatomii, fizjologii i patofizjologii

W ogromnym skrócie, anatomia to nauka o częściach ciała. Zdanie to niebezpiecznie przypomina jednak stwierdzenie, że malarstwo polega na wykorzystywaniu farby, a prowadzenie samochodu na wrzuceniu biegu i wciśnięciu pedału gazu.

Fizjologia wiąże się ściśle z anatomią. Czy kiedykolwiek zdarzyło Ci się słyszeć, że „forma wiąże się z funkcją”? Jeśli tak, to prawdopodobnie rozumiesz ogólną zależność pomiędzy tymi dwoma naukami. Anatomia skupia się na działaniu poszczególnych części ciała, od największych do mikroskopijnych, zaś przytoczone wyżej wyrażenie oznacza, że narządy posiadają określony kształt i znajdują się w odpowiednim miejscu z racji funkcji, jaką pełnią i jaka została ustalona w wyniku ewolucji.

Poniżej znajdziesz streszczenie podstaw anatomii i fizjologii. Opiszę też pokrótce *patofizjologię*, czyli dział nauki zajmujący się zdarzeniami prowadzącymi do wystąpienia zaburzeń lub chorób, a także sposobami zapobiegania tym niepożądanym zjawiskom.

Anna Tomia i jej krewni

Jeżeli wiesz, że dłoń jest połączona z kośćmi przedramienia, te zaś łączą się z kością ramieniową, która z kolei połączona jest z obojczykiem, to czy możesz powiedzieć, że znasz się na anatomii? Cóż, w pewnym sensie tak, lecz nie do końca. Anatomia jest bowiem dość szeroką dziedziną i zrozumienie choćby jej wycinka może wymagać wieloletnich studiów. W jej obrębie można wyróżnić kilka działów, takich jak:

- ✓ **Anatomia rozwojowa:** skupia się na procesie rozwoju istoty ludzkiej od etapu zapłodnionego jaja po osiągnięcie dorosłości. Zajmujący się nią anatomicy badają, w jaki sposób poszczególne *układy* (czyli zespoły współpracujących ze sobą organów) rozwijają się w ciągu ludzkiego życia (patrz rozdział 15.).
- ✓ **Makroanatomia:** zajmuje się dużymi częściami ciała, które można obserwować gołym okiem. Naukowcy poświęcający się jej nie przypominają jednak doktora Frankensteinia starającego się pozszywać swoje monstrum z różnych fragmentów, ale skrupulatnie analizują działanie wszystkich organów, mięśni, kości i naczyń krwionośnych.

- ✓ **Histoanatomia:** skupia się na rozmaitych tkankach oraz tworzących je komórkach. Ludzie zajmujący się tym działem anatomii badają pod mikroskopem komórki i tkanki, z których składa się ludzki organizm (więcej informacji na temat histologii znajdziesz w rozdziale 3.).



Człon *histo-* pochodzi od greckiego słowa *histos* oznaczającego sieć lub krosno i informuje o tym, że dane wyrażenie ma związek z tkankami lub komórkami. Możesz zatem myśleć o swoich tkankach jako o materiale splecionym z poszczególnych komórek.

Wszystkie te działy anatomii odnoszą się również do innych istot, choć część anatomów zajmuje się wyłącznie ludźmi. Anatomowie rozwojowi oraz makro- i histoanatomowie mogą badać wszystkie zwierzęta, zaś ich praca wiąże się ściśle z rozwojem medycyny, gdyż pozwala na opracowywanie technik chirurgicznych czy nowych protez. W niniejszej książce znajdziesz informacje dotyczące każdego ważnego działu anatomii.

Funkcja fizjologii

Choć każda część ciała zdaje się funkcjonować samodzielnie, zazwyczaj stymuluje ona działanie innych organów. Takie i podobne zależności stanowią przedmiot zainteresowania fizjologii. Przykładowo odsunięcie ręki od gorącej kuchenki wymaga działania nie tylko jej samej czy też dłoni, ale także mózgu i nerwów. Bieganie to efekt pracy nie tylko mięśni nóg, ale też płuc pompujących powietrze. Jeśli zaczniesz obserwować coraz mniejsze partie ciała, poczynając od narządów i przechodząc do tkanek, komórek, a w końcu na poziom molekuł, będziesz dostrzegać coraz więcej mechanizmów zachodzących w Twoim organizmie.

Zalety bioinżynierii

Jeżeli znasz kogoś, kto używa protezy nogi lub ręki, możesz podziękować za umożliwienie tej osobie poruszania utraconą bądź chorą kończyną anatomom. Bez nich nie mogłaby się bowiem rozwinąć bioinżynieria (czyli inżynieria opierająca się na założeniach biologii lub medycyny). Naukowcy musieli bowiem zrozumieć mechanizm działania ludzkiego ciała, by móc skutecznie stworzyć mechaniczne protezy poszczególnych jego części. Dziś protetyka nie ogranicza się do koń-

czyn — wszczepiane są sztuczne biodra, serca czy zastawki, zaś rozwój tej dziedziny pozwala na stosowanie coraz mniejszych urządzeń. Gdyby anatomowie nie zbadali sposobu, w jaki działa oko, nie mielibyśmy dziś okularów i szkieł kontaktowych. Wyniki badań anatomicznych przekazywane są innym naukowcom, takim jak właśnie bioinżynierowie, którzy zajmują się opracowywaniem nowych sposobów poprawiania jakości ludzkiego życia.



Części ciała oraz układy narządów działają wspólnie, by osiągnąć jeden założony cel (np. poruszanie się, trawienie czy rozmnażanie), ale też poszczególne narządy mogą sprawować wiele różnych funkcji. Przykładowo Twoje naczynia krwionośne pełnią funkcję sieci dróg, zaś krążące w nich krwinki można porównać do ciężarówek przewożących różne substancje. Działanie krwinek nie ogranicza się jednak wyłącznie do układu krwionośnego, gdyż odgrywają one również istotną rolę w działaniu układów oddechowego, trawiennego i odpornościowego (patrz tabela 1.1.).

Tabela 1.1. Funkcje krwinek

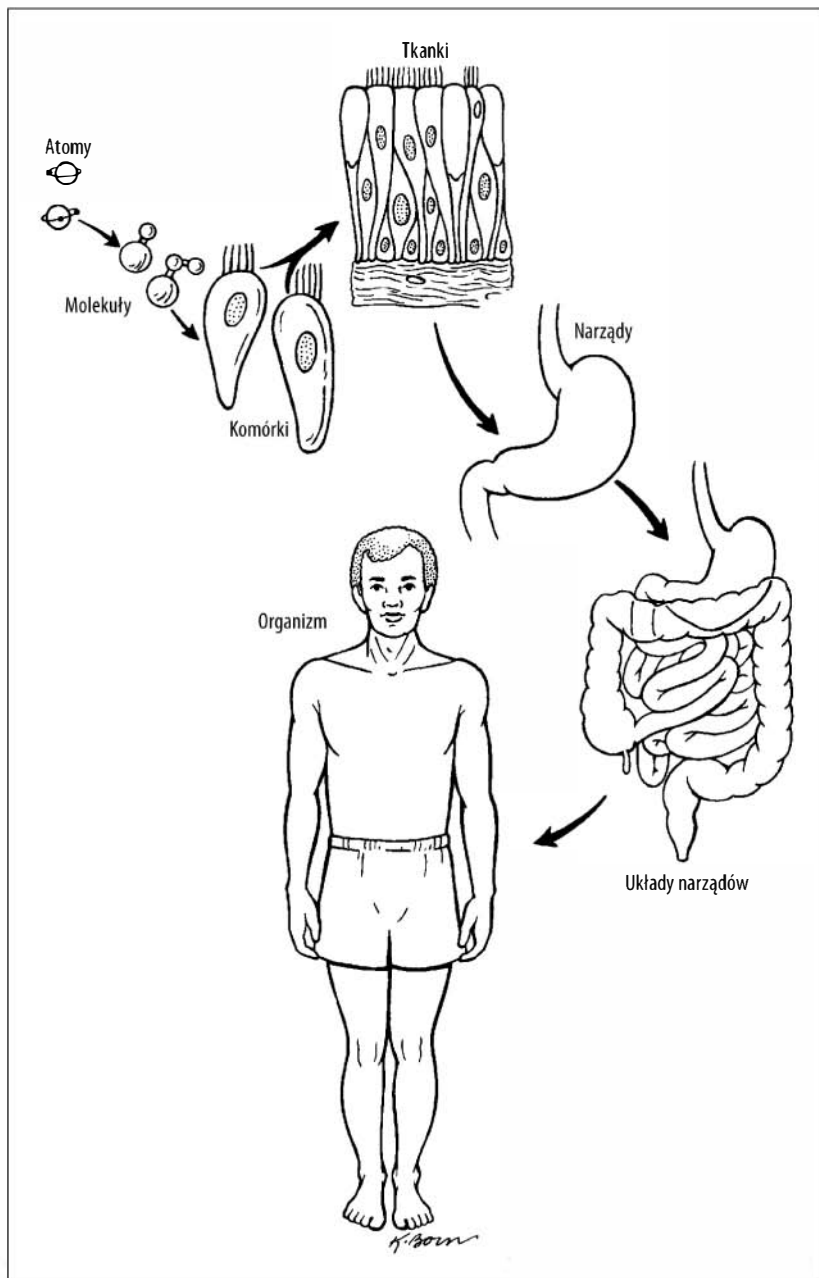
Proces	Jaką rolę pełnią w nim krwinki
Oddychanie	Transportują tlen z płuc do wszystkich komórek ciała
Trawienie	Transportują pozyskane z pożywienia substancje odżywcze do wszystkich komórek ciała
Wydalanie	Przenoszą substancje szkodliwe zatrzymane przez narządy filtrujące krew do organów wydalania
Odporność	Przenoszą substancje zwalczające obce i niepożądane organizmy, które pojawiają się w ciele

Krew i krwinki ściśle współpracują z kilkoma układami, aby Twój organizm mógł działać prawidłowo. Co prawda sama krew jest pojedynczą „jednostką” anatomiczną, ale za to składa się z kilku rodzajów komórek, z których każda pełni osobną funkcję.

W następnej części tego rozdziału postaram się przedstawić podstawowe elementy anatomiczne, z których składa się Twój organizm, oraz opiszę ich główne funkcje. W części II niniejszej książki znajdziesz więcej informacji na temat struktury anatomicznej ciała, zaś część III poświęcona została szczegółowemu opisowi działania poszczególnych narządów.

Budowa ciała: od atomów do organów

Twoje ciało stanowi jeden wielki mechanizm składający się z wielu elementów. Postrzegając je jako układ licznych podukładów (patrz rysunek 1.1.), możesz zauważyć, że każda jego część składa się z innych, mniejszych. Przypomina to budowę świerku. Z daleka widzisz całe drzewo i postrzegasz je jako jeden organizm. Podchodząc bliżej, jesteś w stanie odróżnić poszczególne gałęzie, a stając przy samym pniu, możesz dostrzec pojedyncze igły. Podobnie jest w przypadku ludzkiego ciała. Na początku dostrzegasz jego zarys, ale wiesz, że składa się ono z wielu narządów, które z kolei zbudowane są z wielu różnych tkanek. Kiedy zaś zaczniesz oglądać te tkanki pod mikroskopem, zauważysz

**Rysunek 1.1.**

Poziomy
budowy
ciała od
najmniejszych
elementów do
największych

miliony tworzących je komórek. Przy bardzo dużym powiększeniu będziesz w stanie dostrzec pojedyncze molekuły, z których składa się każda z nich, kiedy zaś ponownie powiększysz obraz, Twoim oczom ukażą się jeszcze mniejsze cząstki zwane atomami.



Czy chce Pan nieco chemii do swojej anatomii?

Jestem pewna, że biorąc do ręki książkę do anatomii, chcesz dowiedzieć się także co nieco na temat chemii. Cóż, Twojemu życzeniu stanie się zadość, choć musisz wiedzieć, że nie będą to informacje podane całkowicie na marginesie głównego wątku. Chemia jest bowiem istotną składową wielu innych nauk, takich jak niektóre działy fizyki czy wiele nauk przyrodniczych. Mój wykładowca zwykł mawiać: „Chemia jest nauką centralną względem innych, dlatego nasze laboratorium chemiczne znajduje się na pierwszym piętrze, pomiędzy drugim piętrem fizyków i parterem zajmowanym przez biologów”.

Żywe organizmy, takie jak zwierzęta czy rośliny, zbudowane są z milionów substancji chemicznych, dlatego też logicznym jest, że aby zrozumieć to, co dzieje się w Twoim ciele, musisz zdobyć nieco więcej informacji z zakresu chemii. Gotowy?

Idę o zakład, że to, co nazywasz *związkami chemicznymi*, to w rzeczywistości pierwiastki, które zostały zestawione w *układzie okresowym pierwiastków* (to ta duża tabela zawierająca pod-

stawowe wiadomości na temat wszystkich znanych substancji, które można znaleźć na Ziemi). Każdy z nich występuje albo w powietrzu, albo w wodzie, w ziemi czy też głęboko pod jej powierzchnią. Wiem, że może to przypominać wstęp do geologii, ale uwierz mi, że wiedza ta ma ścisły związek z anatomią.

Miliardy lat temu na naszej planecie znajdowało się wiele czynnych wulkanów, zaś wyrzucana przez nie lava tężała, tworząc kontynenty. Pozostałości gazów wulkanicznych osadzały się na powierzchni w postaci nieorganicznych cząsteczek. W tym samym czasie wodór uwolniony podczas erupcji łączył się z tlenem w atmosferze, tworząc w ten sposób wodę. Dużo później z połączenia energii oraz substancji znajdujących się w wodzie i w ziemi powstały pierwsze komórki, z których po wielu milionach lat wyewoluowały żywe organizmy (patrz *Biology for Dummies*). Musisz jednak wiedzieć, że nieorganiczne substancje, z których wzięło początek wszelkie życie na Ziemi, wciąż istnieją i znane są właśnie jako *pierwiastki*.

Atomy, cząsteczki, komórki, tkanki, narządy oraz układy stanowią cegiełki, z których zbudowane jest ludzkie ciało. Dlatego też są one w pewnym sensie budulcem dalszej części niniejszej książki. Poznanie sposobu, w jaki te podstawowe elementy wpływają na działanie pozostałych składowych ciała, jest dobrą metodą prowadzącą do zrozumienia głównych zasad funkcjonowania organizmu.

Łączenie atomów w cząsteczki

Atom jest najmniejszą możliwą cząstką pierwiastka wciąż zachowującą jego właściwości. Przykładowo atom wodoru reaguje tak samo jak jego pełna beczka. Każdy atom jest też małą cegiełką. Gdy połączysz dwa atomy wodoru (H), otrzymasz jego cząsteczkę (H₂), jeżeli zaś dodasz do niej atom tlenu (O), uzyskasz *cząsteczkę* wody (H₂O). Każda cząsteczka jest zatem niczym innym jak zbiorem atomów.

Twoje ciało zawiera wiele różnych molekuł, z których zbudowane są jego części, takie jak komórki czy substancje produkowane przez niektóre narządy, np. hormony (patrz rozdział 8.). Dalsza część niniejszej książki poświęcona została głównie opisaniu wszystkich elementów organizmu i dokładnemu wyjaśnieniu sposobu ich działania.

Separowanie komórek: podstawa życia

Komórki wykonują wiele czynności, bez których Twój organizm nie jest w stanie funkcjonować. Kiedy oddychasz, wymieniasz *złe* powietrze na *dobre*. Kiedy jesz, inne komórki wytwarzają *enzymy* (białka przyspieszające reakcje chemiczne) trawiące jedzenie i przekształcające składniki odżywcze w możliwą do wykorzystania energię. Skrótowo rzecz ujmując, komórki to małe silniki napędzające cały Twój organizm.

Każda komórka Twojego ciała wykonuje te same działania, które wykonuje organizm traktowany jako całość:

- ✓ przekształcanie energii,
- ✓ trawienie jedzenia,
- ✓ wydalenie substancji szkodliwych,
- ✓ rozmnażanie,
- ✓ wchłanianie tlenu.

Żadna część mniejsza od komórek nie wykonuje powyższych czynności, dlatego też określa się je mianem „podstawowych jednostek życia”. Składa się z nich każdy żywy organizm i pełnią one w nim taką samą rolę, niezależnie od tego, czy mowa o człowieku, koniu czy hiacyncie. Więcej szczegółowych informacji na ich temat znajdziesz w rozdziale 3.

Kwestia tkanek

Ciało zawiera kilka rodzajów komórek, takich jak krwinki, neurony czy komórki mięśniowe. Kiedy komórki tego samego typu „łączą się ze sobą” i wspólnie wykonują te same funkcje, mówimy o tworzeniu się tkanek (należy do nich np. skóra). W organizmie ludzkim możemy wyróżnić cztery ich klasy:

- ✓ **Tkanka łączna:** znajduje się w kościach i krwi, wzmacnia konstrukcję poszczególnych części ciała i łączy je ze sobą.
- ✓ **Tkanka naskórkowa (naskórek):** pokrywa narządy i okrywa ciało z zewnątrz.



- ✓ **Tkanka mięśniowa:** tworzy mięśnie (cóż za niespodzianka), które kurczą się i rozkurczają, pozwalając poruszać się innym częściom ciała.
- ✓ **Tkanka nerwowa:** przekazuje impulsy i tworzy nerwy.

Więcej informacji na temat tych tkanek oraz ich funkcji znajdziesz w rozdziale 3.

Organy (nie mylić z instrumentem)

Atomy tworzą molekuły, te budują komórki, komórki łączą się w tkanki, a dwa lub więcej rodzajów tkanek składa się na organ (narząd), czyli część ciała posiadającą ściśle określoną funkcję fizjologiczną. Na przykład żołądek zbudowany jest z tkanki naskórkowej, łącznej, mięśniowej i nerwowej oraz posiada konkretną funkcję polegającą na rozkładaniu pokarmów (dokładny opis budowy tego narządu znajdziesz w rozdziale 11.; pozostałe organy zostaną opisane w części II i III).

Organizowanie organów

Układ narządów jest grupą konkretnych organów współpracujących ze sobą w celu zaspokojenia ważnej potrzeby fizjologicznej. Przykładowo jama ustna, przełyk, żołądek, jelito cienkie i jelito grube są częściami układu trawiennego odpowiedzialnego za rozkładanie pożywienia na składniki odżywcze i przekazywanie ich do komórek za pośrednictwem krwiobiegu (patrz rozdział 11.).

Poszczególne rozdziały części III opisują główne układy narządów i ich strukturę oraz funkcje fizjologiczne, a także wyjaśniają, jakie problemy mogą wystąpić w ich obrębie.

Nazywanie części ciała



W nauce używa się wielu słów łacińskich, a ponieważ anatomia jest nauką, również i w niej możesz trafić na te obco brzmiące nazwy. Jeśli jednak uznasz, że nadmiar takiej terminologii nieco Cię przerasta, zawsze możesz skorzystać z tabeli 1.2., w której znajdziesz wyjaśnienie najpopularniejszych rdzeni słów łacińskich, jakie można spotkać w tekstach poświęconych anatomii.

Tabela 1.2. Łacińskie rdzenie popularnych terminów anatomicznych

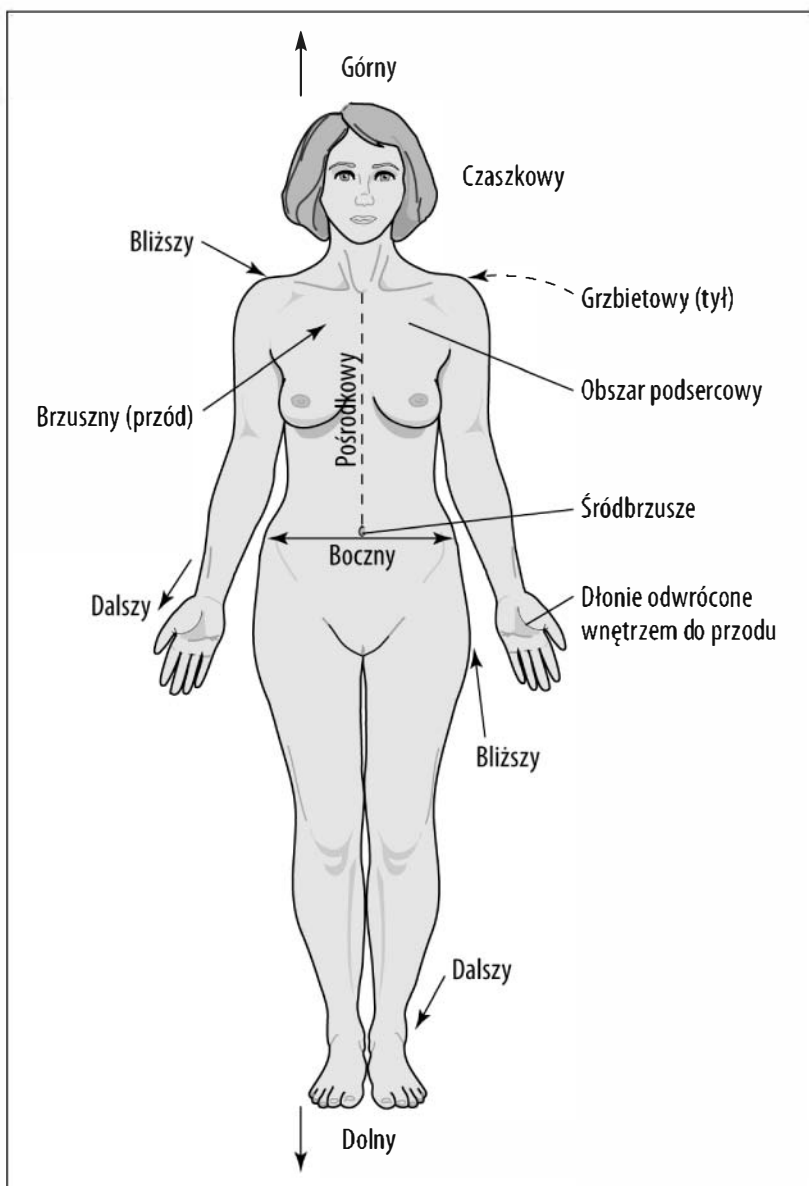
Rdzeń łaciński	Znaczenie	Przykład
<i>Aden-</i>	Gruzoł	Adenopatia (choroba gruczołu)
<i>Angi-</i>	Naczynie	Angioplastia (technika otwierania tkanki pokrywającej naczynie krwionośne)
<i>Artr-</i>	Staw	Artretyzm (zapalenie stawów)
<i>Bronch-</i>	Tchawica	Bronchit (zapalenie oskrzeli, czyli przewodu transportującego powietrze z tchawicy do płuc)
<i>Carcin-</i>	Rak	Karcynogen (substancja rakotwórcza)
<i>Cardi-</i>	Serce	Kardiochirurgia (dział chirurgii zajmujący się operacjami na sercu)
<i>Chol-</i>	Żółć	Cholesterol (substancja wytwarzana w wątrobie obok żółci)
<i>Derm-</i>	Skóra	Dermatologia (nauka o skórze)
<i>Erythro-</i>	Czerwony	Erytrocyty (czerwone krwinki)
<i>Gastr-</i>	Żołądek	Gastroskopia (obserwacja żołądka od wewnątrz poprzez wprowadzoną sondę)
<i>Hemat-</i>	Krew	Hematokryt (ilość krwinek w danej objętości krwi)
<i>Histo-</i>	Tkanka	Histokompatybilność (zgodność tkanek dawcy i biorcy podczas przeszczepu)
<i>Pat-</i>	Choroba	Patogen, patologia (patrz niżej)
<i>Sep-</i>	Zakażenie	Sepsa (posocznica, zakażenie krwi)

Hej, patrzymy na Ciebie!

Poniższa sekcja ma za zadanie nauczyć Cię pewnych terminów koniecznych do zrozumienia opisów anatomicznych. W anatomii, podobnie jak w wielu innych dziedzinach, stosuje się bowiem specyficzne i nie zawsze oczywiste dla laików określenia. Dlatego też postaram się pokrótce opisać wszystkie anatomiczne pozycje, płaszczyzny, regiony, jamy i membrany wyznaczające linie podziału ciała ludzkiego.

Na pozycje

Odłóż na chwilę książkę. Stań prosto i popatrz przed siebie. Opuść ręce wzdłuż boków i odwróć dłonie wewnętrzną stroną do przodu. Tak właśnie wygląda *pozycja anatomiczna* (patrz rysunek 1.2.) stanowiąca podstawę do opisu wszystkich rysunków anatomicznych. Bez niej przy każdej próbie



Rysunek 1.2.
Standardowa
pozycja
anatomiczna

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

opisu położenia jakiegoś elementu należałoby dodatkowo mówić, czy np. określenie „lewy” lub „prawy” dotyczy widoku od strony brzucha czy pleców. Dzięki ustaleniu jednej, uniwersalnej pozycji anatomicznej, problem ten znika.



Poniżej znajduje się przydatny spis terminów kierunkowych często pojawiających się w książkach anatomicznych:

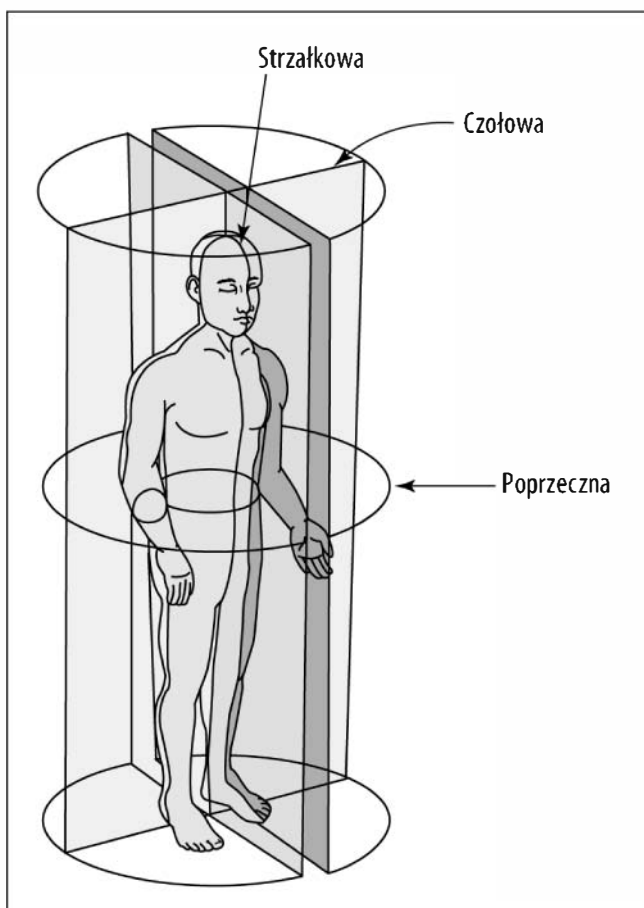
- ✓ **Przedni:** umieszczony z przodu lub biegnący w kierunku przodu ciała;
- ✓ **Tylny:** umieszczony z tyłu lub biegnący w kierunku tyłu ciała;
- ✓ **Brzuszny:** umieszczony z przodu lub biegnący w kierunku przodu ciała;
- ✓ **Grzbietowy:** umieszczony z tyłu lub biegnący w kierunku tyłu ciała;
- ✓ **Ogonowy:** umieszczony w pobliżu lub biegnący w stronę ogona;
- ✓ **Leżący:** domyślnie — podczas leżenia na brzuchu;
- ✓ **Na wznak:** podczas leżenia na plecach;
- ✓ **Boczny:** znajdujący się z boku ciała lub do niego biegnący;
- ✓ **Pośrodkowy:** leżący w środkowej części ciała lub do niej biegnący;
- ✓ **Bliższy:** położony bliżej punktu przyczepu kończyny;
- ✓ **Dalszy:** położony dalej od punktu przyczepu kończyny;
- ✓ **Powierzchniowy:** położony na powierzchni ciała;
- ✓ **Głęboki:** położony pod powierzchnią ciała;
- ✓ **Górny:** położony powyżej danej części ciała lub bezpośrednio nad nią;
- ✓ **Dolny:** położony poniżej danej części ciała lub bezpośrednio pod nią;
- ✓ **Przyśrodkowy:** położony w pobliżu środkowej osi ciała lub narządu;
- ✓ **Obwodowy:** położony z dala od środkowej osi ciała lub narządu.

Podział anatomii

Jeżeli pamiętasz jeszcze coś z geometrii, to zapewne wiesz, że płaszczyzna jest taką powierzchnią, że pomiędzy dwoma wyznaczonymi na niej punktami można przeprowadzić prostą. Płaszczyzny geometryczne mogą być umieszczane pod dowolnym kątem, ale w anatomii stosuje się trzy płaszczyzny dzielące ciało na sekcje (połowy). Ich położenie zostało przedstawione na rysunku 1.3. wraz z opisem poszczególnych *przekrojów*. Do podstawowych płaszczyzn anatomicznych należą:



- ✓ **Płaszczyzna czołowa:** dzieli ciało na część przednią (brzuszną) i tylną (grzbietową).
- ✓ **Płaszczyzna strzałkowa:** dzieli ciało wzdłuż na część lewą i prawą. Jeżeli biegnie dokładnie przez jego środek, mówimy o *płaszczyźnie strzałkowej środkowej*. W innych przypadkach płaszczyzna strzałkowa może przebiegać w dowolnym miejscu, dzieląc ciało na *sekcje wzdłużne*.



Rysunek 1.3.
Płaszczyzny
ciała: czołowa,
poprzeczna
i strzałkowa

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 2, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

- ✓ **Płaszczyzna poprzeczna:** dzieli ciało poziomo na części, górną i dolną, które nie muszą być równe, co oznacza, że nie zawsze przebiega ona na wysokości pasa. Aby wyobrazić sobie przekrój poprzeczny, możesz pomyśleć o przecięciu ciała na danej wysokości albo o jego otwarciu poprzez odchylenie górnej części, tak jakby była zamocowana na zawiasach. W tym drugim przypadku linia, na której znajdowałyby się zawiasy, przebiega właśnie wzdłuż płaszczyzny poprzecznej.



Płaszczyzny anatomiczne mogłyby „przechodzić” przez ciało pod dowolnym kątem, a powyższe trzy zostały przyjęte ze względu na wygodę i przejrzystość. Nie należy oczekiwać, że narządy, a zwłaszcza stawy, będą układać się dokładnie wzdłuż standardowych płaszczyzn i osi.

Mapa okolic ciała



Płaszczyny dzielą ciało na części, wśród których da się wyodrębnić pewne okolice, oznaczające, podobnie jak w geografii, charakterystyczne obszary. Całe ciało można więc podzielić np. na okolice środkową i kończynową. Pierwsza biegnie wzdłuż osi wzdłużnej ciała i zawiera wszystko poza kończynami (czyli głowę, szyję, klatkę piersiową, brzuch i miednicę). Druga, jak łatwo się domyślić, obejmuje wszystkie kończyny, czyli obie ręce i nogi. W tabeli 1.3. wymienione zostały szczegółowe okolice części środkowej i kończynowej.

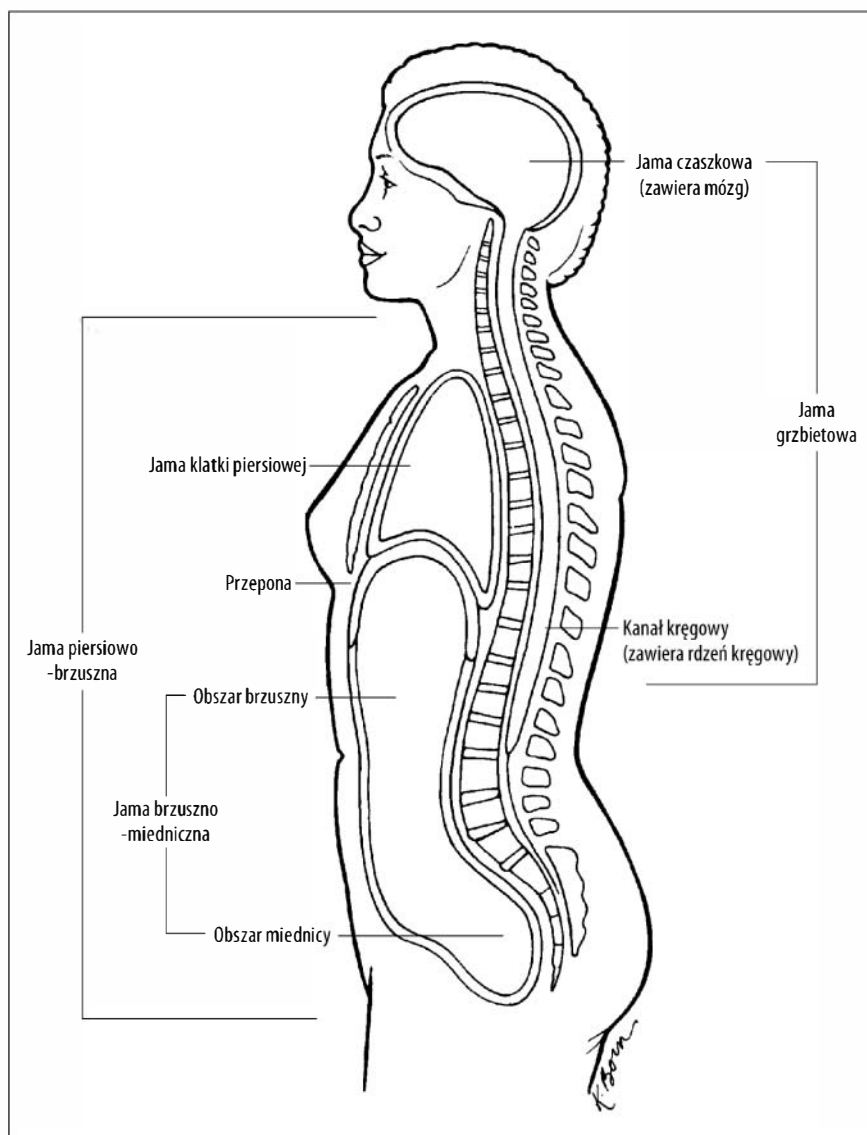
Tabela 1.3. Okolice ciała

Środkowe	Kończynowe
Głowa i szyja	Ręce
głowowa (głowa)	ramienna (ramię)
szyjna (szyja)	nadgarstkowa (nadgarstek)
czaszkowa (czaszka)	łokciowa (łokieć)
czołowa (czoło)	przedramienna (przedramię)
potyliczna (tylna część głowy)	dłoniowa (dłoń)
oczna (oczdoby, oczy)	
ustna (usta)	
nosowa (nos)	
Klatka piersiowa	Nogi
pachowa	udowa
żebrowa	kolanowa
sutkowa (pierś)	goleniowa
piersiowa (klatka piersiowa)	skokowa (stopa)
kręgową	
Brzuch	
brzuszną	
pośladkową	
pachwinową (dolna część brzucha w okolicy uda)	
pachwinową (pachwina)	
lędźwiową (dolna część pleców)	
miednicową (dolna część brzucha)	
kroczyową (pomiedzy odbytem a zewnetrznymi narzadzami plciowymi)	
krzyżową (dolna część kręgosłupa)	

Jamy ciała



Po usunięciu wszystkich narządów wewnętrznych w ciele zostają wyłącznie kości i tkanki tworzące obszary, w których się one znajdowały. Podobnie jak w geologii, jamy są pustymi przestrzeniami, w których mieszczą się narządy (patrz rysunek 1.4.). Dwie główne jamy ciała są: *jama brzuszna* i *jama grzbietowa*.



Rysunek 1.4.
Jamy ciała

Jama grzbietowa zawiera dwie mniejsze przestrzenie: *jamę czaszki*, w której mieści się mózg, i znajdujący się wewnątrz kręgosłupa *kanal kręgowy*, przez który przebiega rdzeń kręgowy.

Jama brzuszna jest dużo większa i zawiera większość narządów, poza, rzecz jasna, mózgiem i rdzeniem kręgowym. Jama ta przedzielona jest przeponą na dwie mniejsze: *jamę klatki piersiowej*, mieszczącą płuca i serce, oraz *jamę brzuszno-miedniczną*, zawierającą pozostałą część organów. Do narządów brzusznych zaliczamy m.in. żołądek, wątrobę, woreczek żółciowy, trzustkę i większą część jelit. Jama miedniczna zawiera natomiast narządy płciowe, pęcherz, odbytnicę i dolną część jelit.

Dodatkowo w części brzusznej wyróżniamy ćwierci i obszary. Płaszczyzna strzałkowa środkowa oraz płaszczyzna poprzeczna, przecinające się na wysokości pępka, dzielą ją na cztery ćwiartki (prawą górną, lewą górną, prawą dolną i lewą dolną). Służą one głównie do określania miejsca odczuwania zjawisk opisywanych przez pacjenta.



Jama brzuszno-miedniczna dzieli się na następujące regiony:

- ✓ **Nadbrzusze:** obejmuje przestrzeń leżącą w środkowej części brzucha, nad żołądkiem i tuż ponad pępkiem.
- ✓ **Podżebrowy:** znajduje się po lewej i prawej stronie nadbrzusza, tuż pod żebrami.
- ✓ **Podbrzusze:** część położona poniżej żołądka i pępka, w środkowej części brzucha.
- ✓ **Część biodrowa:** leży po lewej i prawej stronie rejonu podbrzusznego, w pobliżu kości biodrowych.
- ✓ **Śródbrzusze:** rejon znajdujący się w przyśrodkowej części jamy brzusznej, na wysokości pępka.
- ✓ **Lędźwie:** znajdują się w grzbietowej części tułowia na wysokości śródbrzusza, po lewej i prawej stronie ciała.

Nikt nie jest doskonały: kiedy coś się psuje

Rozumiesz już, że fizjologia jest nauką mówiącą o procesach zachodzących w Twoim ciele i o jego ogólnym działaniu. Niestety, jak zapewne dobrze wiesz, nic nie jest doskonałe i od czasu do czasu coś może się popsuć. Nasze ciała starzeją się, a nasza sprawność fizyczna maleje. Kiedy zaś zdrowie ulega osłabieniu, odbija się to niekorzystnie na funkcjonowaniu organizmu. Stan

taki nosi nazwę patologicznego, od greckiego słowa *pathos* oznaczającego cierpienie. Jeżeli masz kontakt z artystami lub sztuką, wiesz pewnie, że słowem tym określa się też ekspresyjne odgrywanie emocji oddających współczucie dla cierpiących.



W medycynie i innych naukach rdzeń *pat(h)* pojawia się w takich słowach, jak *patologia* (dział zajmujący się naturalnymi zmianami wywołanymi przez stany chorobowe, np. nowotwory, oraz ich wpływem na działanie organizmu) czy *patogen* (czynnik chorobotwórczy, np. bakteria lub wirus). W tym miejscu chciałabym się jednak skupić na *patofizjologii*, czyli dziale fizjologii zajmującym się badaniami nad anormalnym funkcjonowaniem typowym dla różnych schorzeń.



Kiedy u lekarza pojawia się kobieta z rozpoznanym rakiem płuc, sprawdza on wyniki badania, by ocenić położenie i wielkość guza, jego charakter (łagodny lub złośliwy), a także stopień jego zaawansowania. Następnie patolog ocenia strukturalne zmiany w płucu wywołane przez obecność nowotworu, zaś patofizjolog analizuje nieprawidłowości w funkcjonowaniu narządu, które mogą obejmować na przykład upośledzenie elastyczności ograniczające objętość powietrza wciąganego przy oddechu, a co za tym idzie, zmniejszające ilość przyjmowanego tlenu, co może prowadzić do innych zaburzeń działania organizmu.

W dalszych rozdziałach starałam się umieszczać informacje z dziedziny patofizjologii, gdzie tylko było to możliwe, aby wyjaśnić czytelnikom, co dzieje się z opisywanymi narządami w chwili wystąpienia chorób czy innych zaburzeń.

Wiedzieć, co jest dla Ciebie dobre

Poznanie ludzkiego ciała jest interesujące, fascynujące i, jak by na to nie patrzeć, bardzo praktyczne. Jeżeli bowiem wiesz, jak funkcjonuje Twój organizm, możesz skuteczniej zapobiegać chorobom i poprawiać stan swojego zdrowia. Możesz też podejmować lepsze decyzje odnośnie stylu życia, a kiedy idziesz do lekarza, nie tylko rozumiesz, co on mówi, ale także dlaczego sugeruje takie a nie inne działania.

W miarę pogłębiania swojej wiedzy o ludzkim ciele warto podejmować próby zrozumienia tego, w jaki sposób omawiane narządy i układy współpracują z innymi jego częściami. Wszystko, co wprowadzasz do swojego organizmu i co robisz z własnym ciałem, może wpłynąć na ogólny stan Twojego zdrowia. Aby dokładnie pojąć te zależności, należy poświęcić temu nieco czasu, ale możesz mieć pewność, że będzie to bardzo dobra inwestycja. Mam też nadzieję, że dowiadując się nowych rzeczy o działaniu ludzkiego ciała, będziesz w stanie lepiej zadbać o własne zdrowie.

Rozdział 2

Uptyw czasu: co się dzieje z Twoim ciałem w ciągu całego życia

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Dowiesz się, co Twoje ciało robi automatycznie każdego dnia.
 - ▶ Odkryjesz wagę homeostazy.
 - ▶ Sprawdzisz, co zachodzi w każdej z komórek.
 - ▶ Zrozumiesz, w jaki sposób powstaje energia.
 - ▶ Wyjaśnimy, czym są geny i w jaki sposób wpływają one na Twoje białka.
-

W dzisiejszych czasach wszyscy są bardzo zajęci. Obowiązki rodzinne i zawodowe sprawiają, że od rana do wieczora mamy pełne ręce roboty. Odrabiamy lekcje, wykonujemy prace domowe, mamy swoje zobowiązania obywatelskie, działamy ochotniczo, uczestniczymy w życiu religijnym, a poza tym, rzecz jasna, pracujemy. Lista naszych działań jest bardzo długa i niezwykle pomocny jest fakt, że nie musimy pamiętać jeszcze o rzeczach takich jak oddychanie czy utrzymywanie bicia serca. Twoje ciało przejmuje te zadania i wykonuje je całkowicie automatycznie, wykorzystując do tego proces metabolizmu. W niniejszym rozdziale wyjaśnimy dokładnie, jak i dlaczego tak się dzieje.

Ciało w ruchu: metabolizm

Termin *metabolizm* oznacza ogół reakcji chemicznych zachodzących w Twoim ciele. Część z nich to *reakcje anaboliczne*, w których zostają wytworzone potrzebne substancje, a pozostałe to *reakcje kataboliczne* polegające na rozkładaniu pewnych produktów.



Aby utrwalić sobie znaczenia słów *anaboliczny* i *kataboliczny*, możesz skojarzyć to drugie ze słowem „katastroficzny”, które podkreśli rozkładanie i rozbijanie większych związków na mniejsze. Twój organizm wykonuje różne kataboliczne i anaboliczne czynności w jednej chwili, zwykle w sposób nieprzerwany, aby zapewnić Ci stałą zdolność do funkcjonowania. Nawet kiedy śpisz, Twoje komórki nie odpoczywają. Innymi słowy, dopóki żyjesz, Twój organizm nigdy nie zasypia.

Dlaczego Twoje komórki metabolizują?

Pomyśl o swoim ciele jak o samochodzie. Do jazdy potrzebuje on benzyny, która będzie napędzała silnik, oleju smarującego elementy ruchome, wody w chłodnicy chroniącej go przed przegrzaniem i sprawnego układu wydechowego usuwającego produkty spalania na zewnątrz. Każda Twoja komórka stanowi część takiego mechanizmu, przekształcając składniki odżywcze w energię. Napędem dla ciała jest układ pokarmowy zapewniający dopływ substancji odżywczych do komórek, zaś zbędne produkty przemiany materii usuwane są za pośrednictwem układu wydalniczego. Poza tym Twoje ciało, podobnie jak samochód, potrzebuje wody.

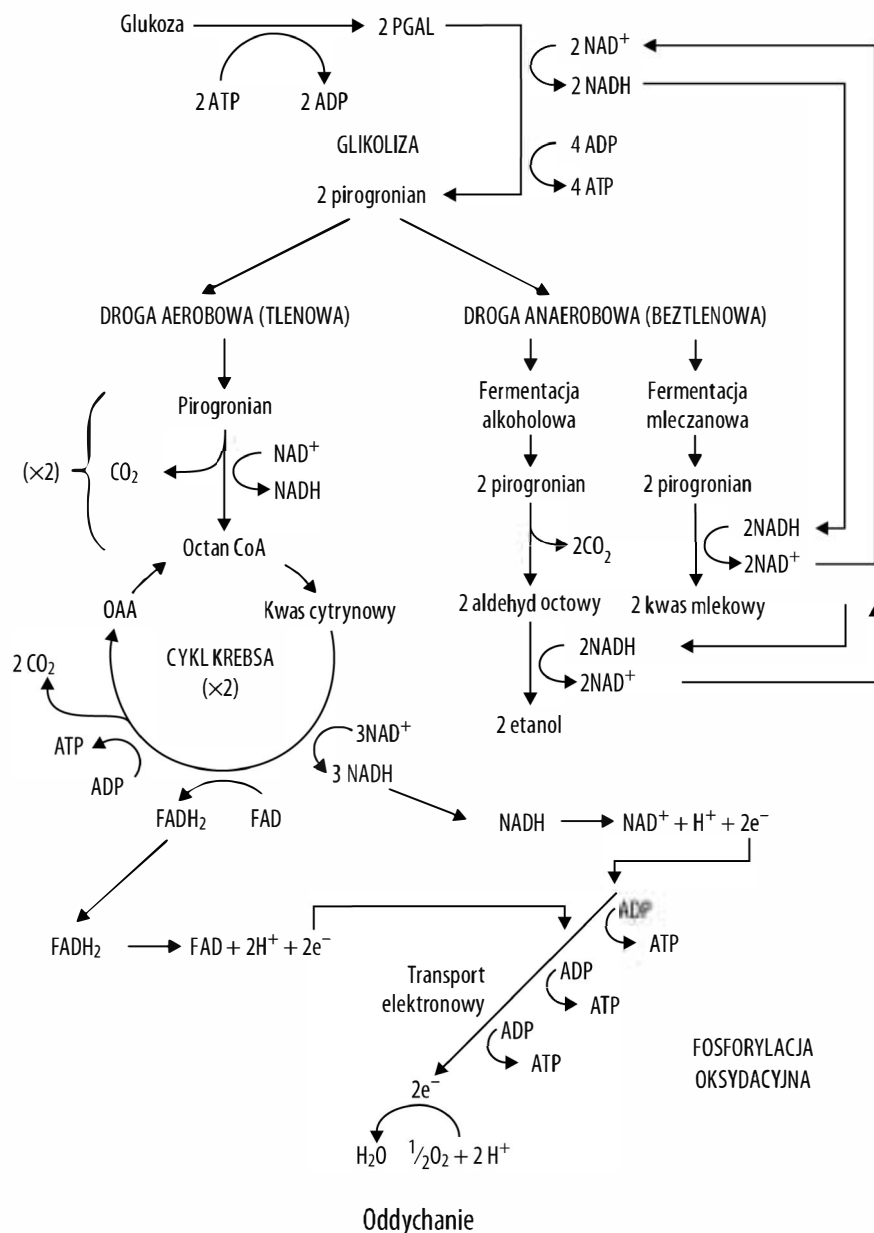
Paliwem dla organizmu jest pożywienie. Kiedy coś jesz, Twój układ pokarmowy (patrz rozdział 11.) rozkłada to na jak najmniejsze jednostki. Są nimi składniki odżywcze (witaminy, mikroelementy, glukoza, kwasy tłuszczowe i aminokwasy) wykorzystywane przez komórki, a także produkty uboczne usuwane przez układ wydalniczy. Składniki odżywcze rozprowadzone zostają za pomocą układu krwionośnego po całym organizmie i trafiają do komórek, gdzie ulegają metabolizacji. W reakcjach metabolicznych ich energia przekształcona zostaje w związek o nazwie *adenozynotrójfosforan* (ATP), który używany jest przez wszystkie komórki w charakterze uniwersalnego źródła energii. Tak więc składniki odżywcze podlegają procesowi katabolizmu (rozkładowi), aby umożliwić anabolizm (stworzenie) ATP. Komórki nie mogą korzystać z „molekuł pizzy”, ale mogą wykorzystywać molekuły ATP powstałe po rozłożeniu spożytego dania.

Jak przebiega metabolizacja

Proces rozkładania żywności przez układ pokarmowy i przenoszenia składników odżywczych za pośrednictwem układu krwionośnego został dokładnie opisany w rozdziale 11. Działanie układu krwionośnego, transportującego składniki odżywcze do komórek i usuwającego z systemu szkodliwe substancje, poznasz w rozdziale 9., natomiast sposób oczyszczania organizmu za pomocą układu moczowego przedstawiony został w rozdziale 12.

Tutaj chcemy skupić się na reakcjach chemicznych pozwalających przekształcić pożywienie w potrzebną dla organizmu energię.

Reakcje te to m.in. glikoliza, cykl Krebsa i fosforylacja oksydacyjna. Noszą one łączną nazwę *oddychania komórkowego* (patrz rysunek 2.1.). Przeanalizuj uważnie wszystkie części rysunku. Nikt nie każe Ci się spieszyć.



Rysunek 2.1.

Oddychanie komórkowe: glikoliza, oddychanie tlenowe (cykl Krebsa) i beztlenowe oraz fosforylacja tlenowa. Wszystkie te reakcje pozwalają przekształcić składniki odżywcze w ATP

Glikoliza, czyli proces rozkładania glukozy, zachodzi w *cytoplazmie* (płynnej części) każdej komórki. Produktem tej reakcji jest pirogronian, który jest przenoszony z cytoplazmy do organelli komórkowych (patrz rozdział 3.) zwanych *mitochondriami*. Stanowią one „elektrownie” komórek, gdyż to właśnie w nich zachodzi proces przemiany energii. Cykl Krebsa, zwany także cyklem kwasu trójkarboksylowego lub cyklem kwasu cytrynowego, inicjowany jest właśnie przez cząsteczki pirogronianu docierające do mitochondriów.

Po zakończeniu cyklu Krebsa wytworzone w nim wysokoenergetyczne molekuly przechodzą przez *blonę* mitochondriów w procesie transportu elektronów. Kończy się on ich przekształceniem w ATP i uwolnieniem wody.

ATP to komórkowa „waluta”. Kiedy komórka potrzebuje energii, na przykład podczas przekazywania substancji przez ścianę komórkową na drodze transportu aktywnego (patrz rozdział 3.), musi „zapłacić” za jej pomocą. Jako że nikt nie jest w stanie płacić, nie zarabiając, organizm zużywający ATP wymaga dostarczania mu „paliwa”, które będzie w stanie wykorzystać do jego tworzenia. Proces ten jest dużo ważniejszy niż zarabianie pieniędzy, gdyż nie pracując, można zbankrutować, co jest z pewnością nieprzyjemne, ale brak ATP prowadzi do śmierci.

Popatrz ponownie na rysunek 2.1. i wracaj do niego w czasie lektury, gdy tylko będziesz tego potrzebować.

Droga procesu glikolizy

Na samej górze rysunku 2.1. widać, że glukoza — najmniejsza cząsteczka węglowodanów, do jakiej można rozłożyć pożywienie w czasie trawienia — przechodzi proces glikolizy, od którego zaczyna się oddychanie komórkowe i który sam zużywa nieco ATP (dwie molekuly). Dlatego też, choć na końcu tego cyklu powstają cztery cząsteczki adenozynotrójfosforanu (mniejsza o szczegóły), to w ogólnym rozrachunku otrzymujemy jedynie dwie, gdyż dwie pozostałe konieczne są do zapoczątkowania procesu produkcji. Poza ATP produktem glikolizy jest również kwas pirogronowy (pirogronian), który przechodzi aerobową (tlenową) lub anaerobową (beztlenową) drogę cyklu Krebsa i jest potrzebny do przemiany glukozy w ATP.

Cykl Krebsa

Cykl Krebsa rozpoczyna się od dwóch cząsteczek pirogronianu i nosi nazwę drogi aerobowej, gdyż wymaga użycia tlenu. Jest on charakterystyczny nie tylko dla ludzi — występuje w każdym organizmie roślinnym i zwierzęcym.



Zagłębiając się w cykl Krebsa

Na skutek utraty wody kwas cytrynowy zamienia się w cis-akonitan. Ten, po jej wchłonięciu, ponownie staje się kwasem cytrynowym. W tym momencie do reakcji włącza się NAD^+ , przekształcając kwas cytrynowy w α -ketoglutaran. W wyniku tej reakcji wydzielają się CO_2 i NADH . Następnie, po dodaniu NAD^+ i koenzymu A (CoA), α -ketoglutaran ulega przemianom w bursztynilo-koenzym A, uwalniając CO_2 i NADH . Do bursztynilo-koenzymu A dołącza się guanozynodwufosforan (GDP) oraz cząsteczka nieorganicznego fosforu (P_i), w celu wytworzenia kwasu szczawowego oraz uwolnienia CO_2 i GTP. Kwas bursztynowy reaguje z dinukleotydem nikotynoamidoadeninowym (FAD), przechodząc w fumaran. FAD, podobnie jak NAD^+ , jest nośnikiem elektronów, a także znany jest jako enzym niebiałkowy (oznacza to, że pomaga podtrzymywać cały

cykl). W reakcji tej FAD ulega też redukcji do FADH_2 . W tym momencie do fumaranu dodana zostaje woda (teraz rozumiesz, dlaczego musimy pić?), która przekształca go w kwas jabłkowy. Do cyklu ponownie włącza się NAD^+ , by zmienić kwas jabłkowy w OAA, uwalniając przy tym NADH . Po zakończeniu cyklu Krebsa uzyskujemy zatem następujące wysokoenergetyczne cząsteczki:

- ✓ 3 cząsteczki NADH (zredukowanego NAD),
- ✓ 1 cząsteczkę FADH_2 (zredukowanego dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego),
- ✓ 1 cząsteczkę ATP.

Dobrze. Z jednej cząsteczki ATP otrzymujemy jedną cząsteczkę ATP. To oczywiste. Ile jednak można ich uzyskać z NADH i FADH_2 ? O tym za chwilę, gdyż obie te substancje ulegają przemianom w ATP w procesie fosforylacji tlenowej.

Gdy pirogronian dostaje się do mitochondrium, dołącza się do niego cząsteczka dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego (NAD^+), który jest nośnikiem elektronów i umożliwia kontynuowanie procesu dzięki przenoszonej przez siebie energii. Elektrony dostarczane przez łączący się z pirogronianem NAD^+ pozwalają na uwolnienie CO_2 i wysokoenergetycznej cząsteczki NADH . Produktem całej reakcji jest zaś koenzym A (octan CoA), czyli węglowodan umożliwiający kontynuację cyklu Krebsa.



Cykle są, jak sama nazwa wskazuje, cykliczne. Produkty jednych reakcji wykorzystywane są do inicjowania innych. Dobrym tego przykładem jest octan CoA. Stanowi on produkt cyklu Krebsa, ale także pomaga w jego zapoczątkowaniu. Po dodaniu wody i octanu CoA powstaje kwas szczawiooctowy (OAA), który ulega przemianom w kwas cytrynowy. Potem następuje seria reakcji (opisanych w ramce), w wyniku których kwas cytrynowy ulega z powrotem przemianom w OAA.

Fosforylacja oksydacyjna (znana także jako łańcuch oddechowy i łańcuch transportu elektronów)

Wytwarzane w cyklu Krebsa nośniki elektronów (NADH i FADH_2) pojawiają się, gdy ich utlenione odpowiedniki (NAD^+ i FAD) ulegają redukcji. Pamiętaj, że redukcja oznacza uzyskanie elektronów, zaś oksydacja

(*utlenianie*) ich utratę. Stąd też bogatsze w energię są NADH i FADH_2 , czyli substancje, które elektrony uzyskały. W łańcuchu oddechowym utlenianie i redukcja następują naprzemiennie, stanowiąc sposób przenoszenia energii (dlatego nosi on też nazwę łańcucha transportu elektronów). Na końcu tego procesu tlen przyłącza elektron i powstają cząsteczki wody.



W trakcie metabolizmu komórki produkują wodę, której część pozostaje w organizmie, aby regulować temperaturę oraz pomagać w innych zadaniach. Duża jej ilość odparowuje w wyniku pocenia się i wydychania, a także zostaje wydalona z organizmu przez układ moczowy, dlatego każdy człowiek musi codziennie pić wodę (sugerowana ilość to minimum dwa litry na dobę).

W miarę jak NADH i FADH_2 przechodzą kolejne fazy łańcucha oddechowego — na przemian tracą i zyskują elektrony — ich własna energia zaczyna się wyczerpywać. Nie znika ona jednak, a zostaje wykorzystana do tego, aby przyłączyć dodatkowy atom fosforu do adenozyndwufosforanu, w wyniku czego powstaje pożądaný adenozynotrójfosforan, czyli ATP. Związek ten stanowi główny cel przetwarzania energii zawartej w jedzeniu w energię zawartą w komórkach. Na każdą cząsteczkę NADH wyprodukowaną w cyklu Krebsa przypadają trzy jego molekuly, zaś na każdą cząsteczkę FADH_2 dwie. W czasie *tlenowego oddychania komórkowego* (glikolizy, cyklu Krebsa i fosforylacji oksydacyjnej) z energii zawartej w jednej cząsteczce glukozy wytworzonych zostaje 36 cząsteczek ATP.

Oddychanie beztlenowe

Czasami organizm nie ma dostępu do tlenu, co nie zmienia faktu, że nadal potrzebuje energii. W tych rzadkich przypadkach uruchomione zostaje beztlenowe „zasilanie awaryjne”, czyli *beztlenowe oddychanie komórkowe*. W trakcie fermentacji kwasu mlekowego wytworzone zostaje NAD^+ , aby możliwe było zainicjowanie glikolizy, w wyniku której powstają dwie cząsteczki ATP. Kiedy jednak wyczerpie się źródło NAD^+ , glikoliza przestaje być przeprowadzana, co skutkuje odcięciem dopływu nowych cząstek adenozynotrójfosforanu.

Obieg energii: miejsce organizmu w świecie

Aby zrozumieć, dlaczego Twoje ciało codziennie robi to, co robi, musisz rozwinąć umiejętność postrzegania pewnej ciągłości życia. Tak zwany *cykl życia* opiera się na przekazie energii. Ty również bierzesz w nim udział, niezależnie od tego, czy tego chcesz, czy nie.

Świat został stworzony z pewną energią, która istnieje w nim do dziś, choć od miliardów lat zmienia swoje miejsce. Zawiera ją sama ziemia oraz wszystkie jej wytwory, takie jak ropa naftowa, węgiel, gazy wulkaniczne, minerały, woda i inne składniki. Energię posiadają też organizmy żywe, m.in. bakterie, grzyby, rośliny i zwierzęta. Znajduje się ona także w atmosferze — w świetle słonecznym, tlenie, azocie itp. Przenosi się z atmosfery do ziemi, a następnie do organizmów, po czym wraca do ziemi i atmosfery. Przykładem są rośliny, które absorbują energię w postaci składników odżywczych i wody z gleby, jak również tę zawartą w świetle słonecznym.

Rośliny przekształcają składniki odżywcze i energię słoneczną w węglowodany. Załóżmy, że mówimy o jabłonce. Podchodzi do niej młody jeleń i zjada jedno z rosnących na niej jabłek. W organizmie zwierzęcia zachodzi przemiana zawartych w nim węglowodanów w ATP, dzięki czemu ma ono energię pozwalającą mu na ucieczkę przed myśliwym. Załóżmy jednak, że myśliwy wygrywa i zabiera energię jelenia, zjadając część jego ciała, a resztę albo zakopując (zwracając energię do gleby), albo paląc (zwracając energię do atmosfery). Zdobywa on energię ze spożytego mięsa zwierzęcia, a tym samym ATP konieczne do funkcjonowania jego komórek. Kiedy zaś po spożyciu jelenia wędruje po lesie, zwraca energię do otoczenia w postaci ciepła.

Gdy myśliwy umrze, cała energia zawarta w jego komórkach wróci do gleby i atmosfery, stając się częścią innych organizmów, które wykorzystają ją we własnych celach: kwiaty rosnąc, robaki żyjąc glebie, a bakterie konsumując rozkładające się resztki. Może to brzmieć nieprzyjemnie, ale jest to prawda. Jesteś bowiem organizmem, który korzysta w życiu z sił natury, a potem zwraca „pożyczoną” energię do atmosfery, gleby i wody, aby inne organizmy mogły z niej korzystać w swoim cyklu życia.

Energia jest zawsze obecna wokół nas. Część z niej znajduje się we wnętrzu organizmów, część w atmosferze, a część w glebie i w wodzie. Prawidłowo funkcjonujący ekosystem korzysta w zrównoważony sposób z energii płynącej ze wszystkich tych źródeł. Więcej informacji na temat cyklu życia znajdziesz w książce *Biology for Dummies*.

Równowaga w ciele: homeostaza

Homeostaza oznacza proces dostrajania organizmu, tak by pomiędzy jego poszczególnymi układami zachodziła równowaga. Na poziom destabilizacji wpływ mają różne czynniki: ból, zimno, gorąco, infekcja, ograniczony dostęp tlenu, a także stres. W przypadku braku równowagi komórki nie działają w sposób prawidłowy, ale starają się wrócić do normalnego stanu tak szybko, jak to tylko możliwe.

Organizm nieustannie monitoruje swój stan, aby przyjąć jak najsprawniejszy model działania. Pod ciągłą obserwacją mózgu znajdują się m.in.:

- ✓ zawartość glukozy we krwi,
- ✓ ciśnienie krwi,
- ✓ temperatura ciała,
- ✓ odczyn krwi (mierzony w pH wyrażającym kwasność lub zasadowość).

Wszystkie tego rodzaju testy są bardzo ważne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu, który podejmuje stosowne próby „naprawienia” wszystkich zaburzeń. Dotyczy to na przykład pocenia się, gdy ciało rozgrzeje się zbyt mocno, albo wydzielania insuliny, gdy poziom cukru we krwi wzrośnie ponad normę. Wewnętrzne środowisko organizmu znajduje się zwykle w jednakowym stanie (a raczej w pewnym zakresie normalności), choć warunki zewnętrzne mogą zmieniać się dość drastycznie. Oto typowe wartości ważne dla organizmów zmiennych:

- ✓ Poziom glukozy we krwi powinien wynosić ok. 0,1% (w rozdziale 8. opisałam mechanizm działania insuliny utrzymującej we krwi stały poziom cukru).
- ✓ Ciśnienie krwi wynosi zwykle 120/80 mm Hg (milimetrów słupa rtęci); więcej na ten temat znajdziesz w rozdziale 9., zaś w rozdziale 12. opisano związek ciśnienia z funkcjonowaniem nerek.
- ✓ Normalna temperatura ciała wynosi 36,6°C.
- ✓ Odczyn pH krwi wynosi ok. 7,4 (w rozdziale 9. znajdziesz więcej informacji na temat jego zaburzeń, czyli *kwasicy* i *zasadowicy*).

W mózgu wyróżnia się obszar noszący nazwę *podwzgórze* i leżący nad przysadką mózgową, który odpowiedzialny jest za kilka ważnych funkcji (w rozdziale 8. zamieszczono dokładny opis działania tych dwóch narządów). Jedną z nich jest właśnie utrzymywanie homeostazy. Rozmieszczone w naczyniach krwionośnych receptory odczytują poziom ciśnienia, temperatury, pH i zawartości glukozy. Kiedy krew przepływa w pobliżu takiego receptora, ten wysyła do podwzgórze impuls nerwowy, na który odpowiada ono wydzielaniem stosownych hormonów zmieniających właściwości krwi bądź sygnałem wymuszającym reakcję fizjologiczną (jak np. drżenie w czasie zimna).

Krew jest monitorowana cały czas, więc gdy tylko jej stan wraca do poziomu normalnego, receptory informują podwzgórze o tym, że dalsza jego ingerencja i wydzielanie hormonów nie są już potrzebne. Jako że reakcja opiera się w tym przypadku na braku *sygnału*, mówimy, że jest to *wygaszenie ujemnym sprzężeniem zwrotnym* (reakcja na obecność bodźca jest sprzężeniem dodatnim, natomiast reakcja na jego brak — ujemnym).



Homeostaza jest bardzo istotnym zjawiskiem fizjologicznym. Bez niej organizm nie mógłby utrzymywać optymalnego stanu. Wyjście z domu, w którym utrzymuje się temperatura 25°C, na zewnątrz, gdzie panuje 20-stopniowy mróz, wywołałoby w nim wielkie zmiany, gdyby nie był on w stanie dopasować się do nowych warunków. Podobnie w przypadku wystąpienia gorączki — podczas prób zwalczania szkodliwych drobnoustrojów ciało mogłoby ulec przegrzaniu. Kiedy temperatura organizmu przekracza 36,6°C, może on wywołać pocenie się, aby ułatwić odprowadzanie ciepła, zaś gdy jego temperatura spada poniżej optymalnej wartości, mogą pojawić się dreszcze mające ją podnieść. Homeostaza to kolejne zjawisko, którym nie musisz się przejmować, gdyż zachodzi samo z siebie. Ludzkie ciało to naprawdę niezwykle system.

Poruszanie się: nie jesteś drzewem

Jedno z najmilszych wspomnień związanych z moimi dziećmi dotyczy pewnego zdarzenia z plaży na Wyspie Amelii na Florydzie. Razem z czteroletnim synkiem wykopaliliśmy w ziemi dołek, do którego on wszedł. Pozwolił zasypać się do pasa i „podlać wodą”, a potem stał tam, wyciągając ręce do słońca i będąc świeżo przekonany, że w ten sposób rośnie. Radość prysła jednak, gdy jego mała siostrzyczka podeszła i wzięła kilka należących do niego, świeżo zebranych muszelek, których mój syn, nie mogąc się poruszać, nie był w stanie upilnować.

Rośliny to istoty nieruchome. Nie mogą obronić się przed zwierzętami, które chcą je zjeść, ale w sumie nie przejmują się tym. Nie myślą o konsekwencjach swojego działania i nie wykazują reakcji *walki* lub *ucieczki*. Czy wyobrażasz sobie sytuację, w której rośliny uciekałyby przed próbującymi ich spróbować zwierzętami? Wokół nas jest i tak wystarczająco dużo ruchu.

Niestety, ludzie i inne zwierzęta nie są roślinami. Musimy uciekać przed drapieżnikami i szukać jedzenia dla nas samych. Ludzie nie są w stanie wchłaniać składników odżywczych z gleby, jak robią to rośliny. Jasne, że można siedzieć przez cały dzień przed telewizorem i zamawiać jedzenie przez telefon, ale nawet wtedy trzeba podejść do drzwi i zapłacić dostawcy. Poruszanie się jest dla nas koniecznością.

Układ mięśniowo-szkieletowy pozwala nam na swobodne poruszanie kończynami, głową i tułowiem, ale także umożliwia niezależne od naszej woli ruchy narządów w ciele, czyli np. bicie serca, ruch przepony czy transport jedzenia wzdłuż układu pokarmowego (perystaltyka). Więcej na ten temat znajdziesz w poszczególnych rozdziałach części III.

Kości i mięśnie nie są jedynymi ruchomymi częściami naszego ciała, gdyż ruch można zaobserwować nawet na poziomie komórkowym. Ludzkie ciało składa się w blisko 80% z wody, dzięki czemu komórki żyją w środowisku płynnym, ułatwiającym poruszanie się. Niektóre z nich posiadają ruchome „części”, inne zaś potrafią przemieszczać się same. Organellami umożliwiającymi ruch są np. rzęski oraz wici.

Rzęski to małe, okrągłe w przekroju organelle, wyrastające na zewnątrz błony komórkowej. Ich zadaniem jest umożliwienie przesuwania substancji po jej powierzchni. Występują one w komórkach wyściełających górne drogi oddechowe, czyli m.in. nos, gardło i zatoki, gdzie produkowany jest śluz przechwytyjący zanieczyszczenia. Rzęski działają jak „miotły”, przesuując wszelkie nieczystości w stronę gardła i nie dopuszczając ich do płuc.

Wici to podobne do rzęsek organelle, również połączone z błoną komórkową. Poruszają się na podobieństwo biczów, umożliwiając ruchy komórki w środowisku płynnym. Posiadają je np. plemniki, dzięki czemu mogą poruszać się w środowisku dróg rodnych, co pozwala im dotrzeć do komórki jajowej (patrz rozdział 14.).

Przedłużanie gatunku: rozmnażanie

Potrzeba rozmnażania jest dość oczywista. Gdyby ludzie tego nie robili, nie byłoby nas tutaj; dotyczy to zresztą wszystkich innych gatunków. Rozmnażanie jest niezwykle ważnym elementem cyklu życia.

Niektóre organizmy rozmnażają się w sposób bezpłciowy, co z grubsza jest tym samym procesem, co podział komórki (patrz niżej). Kiedy organizm zaczyna się starzeć, dzieli się na dwa nowe. Jednakże w przypadku większości zwierząt (w tym ludzi) rozmnażanie zachodzi płciowo, a więc konieczny jest w nim udział dwóch przedstawicieli gatunku.

Być może wydaje Ci się, że rozmnażanie rozpoczyna się aktem seksualnym mężczyzny i kobiety, ale w rzeczywistości proces ten zostaje zapoczątkowany już na poziomie komórkowym. W przypadku kobiet jeden z jego etapów ma miejsce nawet jeszcze przed ich narodzeniem, natomiast w przypadku mężczyzn zachodzi ustawicznie. Etapem tym jest produkcja gamet, czyli komórek jajowych i plemników. Dokładny opis tego zjawiska znajdziesz w rozdziale 14.

Wzrost: wymiana komórek i rozwój

Wzrost kojarzy się głównie ze zwiększaniem się wymiarów, ale czy kiedykolwiek zdarzyło Ci się zastanawiać nad tym, w jaki sposób się to dzieje? Twoje kości wydłużają się, mięśnie rozciągają, a narządy ulegają powiększeniu. Jako że wszystkie one składają się z komórek, wzrost musi wiązać się z ich wytwarzaniem przez organizm.

Komórki produkowane są przez podział, który przebiega według ściśle ustalonego planu. Istnieją dwa jego rodzaje:

- ✓ **Mejoza:** zachodzi w jajnikach i jądrach podczas produkcji komórek jajowych i plemników (patrz rozdział 14.).
- ✓ **Mitoza:** zachodzi w każdej komórce somatycznej (tzn. innej niż gameta), gdy musi ona zostać zregenerowana lub ulec rozwojowi.

W trakcie mitozy komórka dzieli się na dwie nowe. Ta, która ulega podziałowi, nosi nazwę *macierzystej*, a z niej powstają dwie komórki *potomne*. Aby zrozumieć proces mitozy, musisz jednak poznać podstawy genetyki, gdyż aby komórka mogła skutecznie się podzielić, zawarty w niej materiał genetyczny musi zostać podwojony i podzielony pomiędzy obie komórki potomne. Więcej na ten temat za chwilę.

Materiał genetyczny: DNA, chromosomy i geny

W jądrze każdej komórki znajdują się *chromosomy*. Są one zbudowane z *chromatyny*, składającej się z białka i nici *kwasy dezoksyrybonukleinowego*. Ten ostatni, bardziej znany jako DNA, jest materiałem genetycznym o kształcie *podwójnej helisy*. Wzdłuż nici DNA leżą komórki zwane nukleotydami. Każdy z nich zawiera:

- ✓ dezoksyrybozę (cukier składający się z pięciu cząstek węgla),
- ✓ grupę fosforanową,
- ✓ zasadę azotową.

Cząsteczki dezoksyrybozy i grupy fosforanowej łączą się, w celu zbudowania nukleotydu, z zasadą azotową. W DNA występują cztery różne cząsteczki zawierające azot, z których powstać mogą nukleotydy:

- ✓ adenina (A),
- ✓ cytozyna (C),
- ✓ guanina (G),
- ✓ tymina (T).

Poszczególne zasady azotowe w DNA (a więc także powstałe z nich nukleotydy) różnią się między sobą. Same nukleotydy są zawierającymi azot cząsteczkami, które tworzą „szczeble” podwójnej helisy DNA. Ich grupy tworzą *geny*, które mogą składać się z kilku, ale i z kilku tysięcy owych „szczebelków”. Takie zróżnicowanie pozwala na istnienie równie dużych różnic cech u żywych organizmów. Nukleotydy i geny nie są odrębne względem DNA, ale stanowią coś w rodzaju hierarchicznego układu. Najwyższą strukturą jest DNA, które składa się z poszczególnych genów, te zaś zbudowane są z pojedynczych nukleotydów.

Geny określają funkcje Twojego organizmu. Możesz myśleć o nich jak o „planie”, w którym zapisany został Twój wygląd, mechanizm starzenia, podatność na choroby, mocne i słabe strony, czyli wszystko to, dzięki czemu jesteś sobą. Geny kontrolują bowiem produkcję *aminokwasów*, łączących się w białka, które można znaleźć w błonach komórkowych, kościach, mięśniach, skórze, narządach, hormonach i enzymach. Proteiny kierują też wzrostem i rozwojem oraz wieloma codziennymi funkcjami organizmu (jak np. homeostaza). Ponadto geny zawarte w DNA określają, jakie aminokwasy będą produkować jakie białka oraz gdzie i kiedy będzie to następowało.

Jeżeli masz gen, który definiuje ciemnobrązowy kolor Twojej skóry, nie oznacza to, że jest on w stanie sam utworzyć całą skórę. Będzie on zawierał instrukcje dotyczące tego, z jakich aminokwasów mają korzystać Twoje melanocyty (komórki skóry wytwarzające pigment) i w jaki sposób będą je łączyć. Kolejność przyłączania aminokwasów określa bowiem rodzaj wytworzonego białka, które z kolei decyduje o ilości produkowanego pigmentu.

Geny odpowiadają za Twoje cechy. Jeżeli według nich masz mieć 180 cm wzrostu, spowodują one, że Twoje kości oraz inne tkanki będą się rozrastać do chwili, gdy go osiągniesz — będzie on uzewnętrznieniem posiadanych przez Ciebie genów. Jeżeli Twoim uwarunkowaniem genetycznym jest posiadanie błękitnych oczu, Twoja tęczówka (kolorowa część oka) będzie produkowała białko nadające jej błękitną barwę. Jeśli zaś Twoje geny zdecydują, że masz mieć kręcone włosy, cebulki włosowe będą produkowały komórki włosa tak, by układały się w spiralny wzór.

W przypadku ludzi wszystkie geny mieszczą się w 46 chromosomach znajdujących się w każdej komórce ciała. Ich pierwszą połowę (czyli 23) przejmujemy od ojca, a drugą — od matki. Każda komórka płciowa (gameta), taka jak komórka jajowa czy plemnik, zawiera 23 chromosomy,

więc po połączeniu gamety męskiej i żeńskiej powstaje nowa komórka zawierająca ich pełny zestaw, czyli 46. Tyle samo ma każda z komórek (poza płciowymi), z których zbudowane są tkanki oraz narządy. Chromosomy mają w nich postać jednej nici DNA, ale przed podziałem komórki musi ona ulec replikacji (skopiowaniu), aby w nowej komórce znalazł się dokładnie ten sam skład chromosomów, co w macierzystej.

Tworzenie DNA i chromosomów

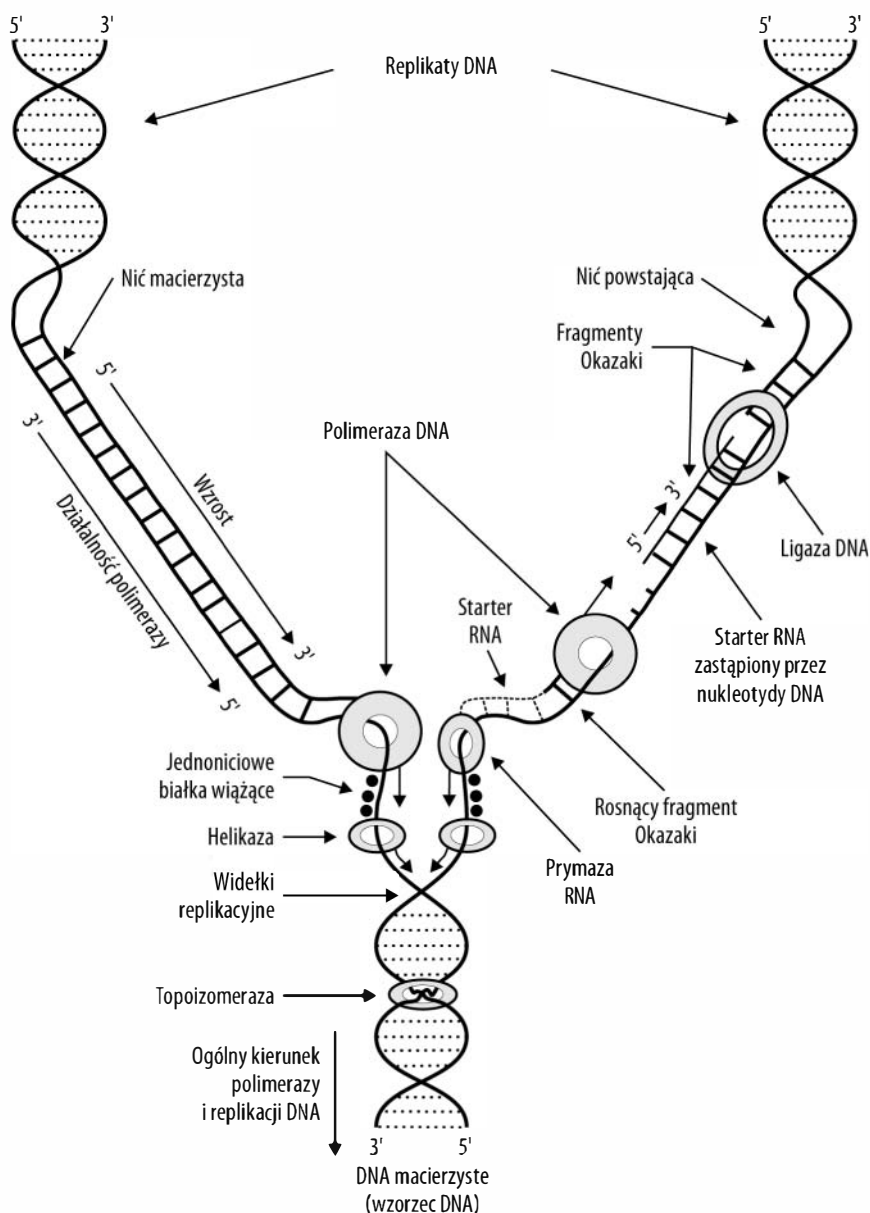
Celem *replikacji* DNA (patrz rysunek 2.2.), czyli procesu zachodzącego w chwili podwajania liczby chromosomów, jest stworzenie kopii obu jego nici. Jest to konieczne, ponieważ kopie te są wykorzystywane jako wzorce do produkcji hormonów i innych substancji pozwalających na funkcjonowanie Twojego ciała. Wszystkie produkty i procesy komórkowe znajdują się pod kontrolą genów tworzących chromosomy, z których z kolei składa się DNA. Kiedy zatem komórka dzieli się na dwie nowe (co dzieje się cały czas) lub kiedy „tworzysz” swojego potomka (co zdarza się rzadziej), materiał genetyczny musi ulec przekazaniu. Genetyczna informacja jest bowiem niezbędna dla procesu wzrostu i rozwoju każdego organizmu.

W czasie replikacji DNA podwójna helisa ulega rozłączeniu — jej „szczelbelki” dzielą się na dwie połowy. Jest to możliwe dzięki enzymowi zwanemu *helikazą*. W ten sposób powstaje cząsteczka DNA w kształcie litery Y, w której połowa nukleotydów znajduje się na lewej gałęzi, a druga połowa — na prawej (patrz rysunek 2.2.). Każda strona staje się *nicia macierzystą*, gdyż służy jako wzorec dla nowopowstającej *nici komplementarnej*.

Nici komplementarne tworzą się na każdej z nici macierzystych poprzez dodawanie nowych nukleotydów za pomocą enzymu — *polimerazy DNA*. Kolejność ich przyłączania odczytywana jest z nici macierzystej, a zasady azotowe łączą się w ściśle określone pary: A łączy się z T, zaś G łączy się z C. Dlatego za każdym razem, gdy na nici macierzystej znajdzie się zasada A, polimeraza DNA dołączy do niej zasadę T. Proces ten przebiega stopniowo, gdyż cała podwójna helisa nie ulega całkowitemu „rozpleceniu” w jednej chwili. Kiedy górna jej część jest otwarta, oryginalna nić DNA przypomina literę Y, co widać na rysunku 2.2. Miejsce, w którym helisa jest częściowo rozłączona, a częściowo złączona, nosi nazwę *widełek replikacyjnych*.

Kolejność zasad w łańcuchu jest istotna, ponieważ określa ona geny, które z kolei determinują to, jakie aminokwasy będą produkowane. Te natomiast **decydują** o tym, które białka mają być tworzone w każdej komórce. Białka **stanowią** budulec samych komórek oraz enzymów odpowiedzialnych za podtrzymywanie funkcjonowania organizmu.





Rysunek 2.2.
Proces
replikacji DNA



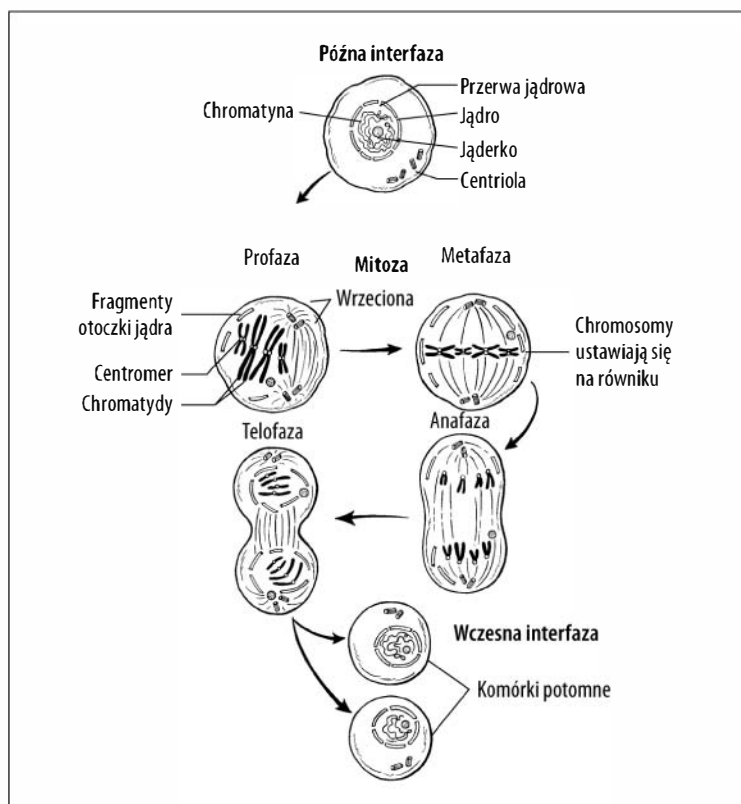
Na rysunku 2.2. można zauważyć oznaczenia 5' i 3' („pięć prim” i „trzy prim”) oznaczające kierunek replikacji. Nić macierzysta czytana jest w kierunku od 3' do 5', zaś zasady odpowiednio względem jej zasad dodawane są w kolejności odwrotnej, a zatem nowa nić komplementarna rośnie od 5' do 3'.

Proces odczytywania przez polimerazę DNA nici macierzystej i dołączania nowych nukleotydów nie jest bezbłędny. Może się zdarzyć, że do zasady A polimeraza DNA doda zasadę C, powodując tym samym przekłamanie w informacji genetycznej. Na szczęście matka natura pomyślała o wszystkim. W przypadku wystąpienia błędu jądro komórkowe może go wychwycić, usunąć niewłaściwą zasadę i skierować DNA do ponownej replikacji. Jeżeli błąd nie został usunięty, do akcji wkraczają znajdujące się w jądrze *enzymy naprawcze*, których zadaniem jest odtworzenie właściwej sekwencji nukleotydów.

Mimo tych zabezpieczeń, błędy (*mutacje*) mogą pozostawać. Słowo „mutacja” kojarzy się zwykle z poważnymi zaburzeniami, choć w rzeczywistości często mają one korzystny wpływ na rozwój organizmów, wprowadzając do nich element zmienności. Ich przyczyną są zwykle pewne substancje chemiczne i promieniowanie ultrafioletowe lub rentgenowskie. Kolejność nukleotydów składających się na nić DNA może ulec trzem rodzajom mutacji:

- ✓ **Insercje** (wstawienia): pojawiają się, gdy do nici komplementarnej dołączana jest dodatkowa zasada. Zaburza to proces odczytywania informacji genetycznej z nowej nici DNA, przyczyniając się do produkowania dużej ilości niewłaściwych zasad. To prowadzi do wytwarzania błędnych aminokwasów, z których powstają później niewłaściwe białka. Następstwa insercji mogą być bardzo poważne, jak w przypadku *pląsawicy Huntingтона*, zaburzenia polegającego na uszkodzeniu układu nerwowego.
- ✓ **Delecje** (usunięcia): polegają na właściwym odczycie, ale braku dodania odpowiedniego nukleotydu do nici komplementarnej. Taki błąd leży u podstaw dwóch poważnych chorób: *mukowiscydozy* oraz *dystrofii mięśniowej Duchenne’a*.
- ✓ **Substytucje** (podstawienia): najmniej groźna z mutacji polegająca na błędnym przypisaniu pojedynczego nukleotydu. Jako że dotyczy ona wyłącznie jednego miejsca, nazywana jest też *mutacją punktową*. Najczęściej nie niesie ze sobą szkodliwych następstw, przez co niekiedy określa się ją także mianem *mutacji cichej*.

Replikacja DNA ma miejsce tuż przed rozpoczęciem procesu mitozy, w czasie *interfazy*, która nie stanowi etapu podziału mitotycznego. Jak sama nazwa wskazuje, interfaza jest stadium pośrednim, w którym komórki potomne nie są jeszcze gotowe do przyjęcia roli komórek macierzystych i przejścia przez wszystkie stadia mitozy (patrz rysunek 2.3.).



Rysunek 2.3.
Fazy mitozy:
profaza,
metafaza,
anafaza
i telofaza

Mitoza składa się z czterech faz (w ich zrozumieniu pomoże wyobrażenie sobie komórek jako małych, kulistych banieczek):

1. **Profaza:** w pierwszym stadium mitozy pojedyncze *chromatidy* (nici DNA), obecne w czasie interfazy, ulegają pogrubieniu i zwinięciu w chromosomy. Jako że te są raczej „nieruchawe”, w stronę ich biegunów przesuwa się komórkowe twory zwane wrzecionami kariokinetycznymi, z których powstają nowe wrzeciona umożliwiające chromosomom poruszanie się w obrębie całej komórki.

Chromosomy mogą przemieszczać się nie tylko w jądrze, gdyż w chwili „rozpierania się” komórek i produkcji wrzecion kariokinetycznych błona komórkowa wokół jądra ulega zanikowi. Zaczynają też działać organelle zwane centriolami, które łączą się z wrzecionami kariokinetycznymi na biegunach komórek.

2. **Metafaza:** w chwili gdy komórka wchodzi w etap metafazy, jądro całkowicie zanika, ustępując miejsca chromosomom. Te przesuwa się następnie w kierunku środka komórki, tworząc szereg przypominający ziemski równik. W stadium tym 92 chromatidy wciąż tworzą 46 chromosomów.

3. **Anafaza:** podczas tego etapu chromatydy zaczynają przesuwać się wzdłuż wrzecion ku przeciwnym biegunom komórek, tak aby na każdym z nich znajdowało się po 46 chromosomów określanych mianem *chromosomów potomnych*.
4. **Telofaza:** w tym stadium chromosomy mogą już przejść do własnych komórek potomnych. Na obu biegunach komórki znajdują się identyczne ich zestawy, które zostają otoczone nową błoną. Następnie wrzeciono ulega zanikowi, co uwalnia nowo powstałe chromosomy.

W tym momencie proces mitozy ulega zakończeniu, a komórki wchodzi we wczesną interfazę (nie zapominaj, że cały czas mówimy o cyklu, a zatem o powtarzaniu się zamkniętego układu zjawisk). Mimo to komórka macierzysta musi jeszcze podzielić się fizycznie w procesie noszącym nazwę *cytokinezy*. Rozpoczyna się ona od pojawienia się *bruzdy* biegnącej wzdłuż środka komórki i wywierającej nacisk na jej ścianę, do chwili aż zostanie ona podzielona na dwie nowe. Powstałe w ten sposób komórki potomne mogą rozpocząć normalne funkcjonowanie w interfazie, dopóki same nie zaczną się dzielić.

Podział komórki zachodzi, gdy pojawia się konieczność utworzenia nowej tkanki potrzebnej do naprawienia uszkodzeń lub zregenerowania części ciała (tak, człowiek może częściowo regenerować niektóre swoje organy, np. wątrobę). Wbrew pozorom, procesy te przebiegają nieustannie, gdyż każdego dnia w naszym ciele obumierają komórki, które muszą zostać zastąpione przez nowe. Czerwone krwinki, przykładowo, żyją przez 120 dni, co nie znaczy, że co taki okres czasu wymieniane są wszystkie tego rodzaju komórki w całym organizmie. Codziennie regenerowana jest pewna ich część. Poza wymianą komórek, każdego dnia obserwujemy wzrost włosów i paznokci (przez całe życie rosną nam też stopy i nos). Poza tym w komórkach ustawicznie zachodzą procesy metaboliczne, w wyniku których powstaje potrzebne nam do życia ATP, dlatego też ich wymiana jest tak samo niezbędna, jak tworzenie nowych. Warto też zaznaczyć, że dla niektórych organizmów (np. dla grzybów) podział komórkowy jest jednocześnie sposobem rozmnażania. Na szczęście człowiek ma inne metody.

Człowiek składa się z klocków

Po replikacji, czyli utworzeniu nowych nici DNA, komórki muszą wykorzystać materiał genetyczny do produkcji białek. Proces replikacji zachodzi w jądrze komórkowym, ale aminokwasy gromadzone są w cytoplazmie komórki. W tej chwili chciałabym się skupić na opisie przekazywania instrukcji genetycznych na zewnątrz jądra, tak aby z aminokwasów mogły powstać odpowiednie białka.

Skoro wiesz już, czym jest DNA, pozwól, że przedstawię Ci jego krewnego — RNA, czyli *kwas rybonukleinowy*. RNA przypomina DNA, z tą różnicą, że składa się z pojedynczej, nie podwójnej nici, zamiast dezoksyrybozy zawiera rybozę, a zamiast tyminy inną azotową zasadę zwaną *uracylem* (U). Tak więc w RNA adenina (A) łączy się właśnie z nią. Kwas rybonukleinowy jest ważnym związkiem, gdyż jego cząsteczki biorą udział w przenoszeniu informacji genetycznej z jądra do cytoplazmy oraz w produkcji białek. W związku z tym wyróżniamy trzy jego formy:

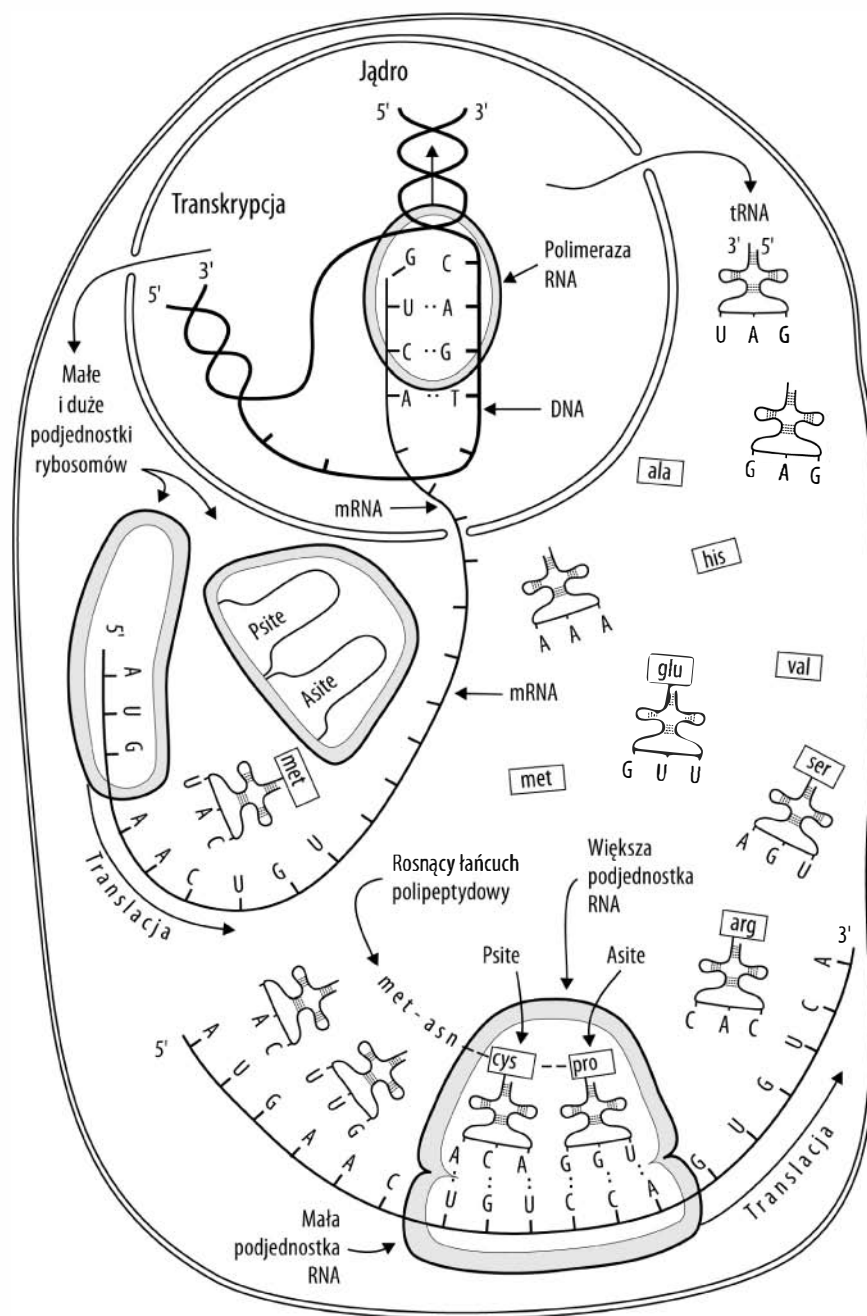
1. **Informacyjne RNA (mRNA)** przekazuje informacje z DNA na zewnątrz jądra komórkowego, do rybosomu — organelli, w której zachodzi synteza białek.
2. **Rybosomalne RNA (rRNA)** dokonuje translacji (tłumaczenia) danych zawartych w DNA w grupach składających się z trzech nukleotydów.
3. **Transferowe RNA (tRNA)** przenosi stosowne aminokwasy na miejsce syntezy białka.

W procesie *transkrypcji* komplementarna nić DNA, która została niedawno stworzona z oryginalnej, sama staje się wzorcem (patrz rysunek 2.4.) dla produkcji informacyjnego RNA (mRNA). Posiada ona zasady nukleotydowe ułożone w kolejności stanowiącej odwrotność pierwotnej (pamiętaj, że łączą się one wyłącznie w parach A-T i G-C). Tym razem jednak to komplementarna nić jest „odczytywana”, a produkowana jest nić mRNA. Dlatego też, jeżeli w oryginalnym łańcuchu DNA występuje sekwencja T-G-G-T, to w łańcuchu komplementarnym powstanie w tym miejscu ciąg A-C-C-A, zaś w mRNA pojawi się fragment U-G-G-U.

Pamiętaj: cząsteczki RNA zawierają uracyl w miejscu tyminy.

Cały ten proces wygląda na niepotrzebny. Po co bowiem tworzyć RNA, skoro jest ono bardzo podobne do pierwotnego DNA? Cóż, oryginalny łańcuch musi zostać skopiowany, aby możliwe było stworzenie nowych komórek lub organizmów, a tymczasem komplementarne nici DNA nie są w stanie opuścić jądra komórkowego. Dlatego też informacja z nich musi zostać zapisana na RNA (przypomina to zapisywanie języka polskiego alfabetem greckim), aby mogła opuścić jądro i przejść do cytoplazmy.

Pewne sekwencje nukleotydów w mRNA określają, w którym miejscu transkrypcja powinna się zacząć, a w którym skończyć. Ponadto istnieją tam też fragmenty nieprzepisywane (nie zawierają one żadnych użytecznych informacji). Sekwencje te, zwane *intronami*, są ignorowane i usuwane, zaś części „tłumaczone”, czyli *egzony*, łączą się ze sobą. Po tym zabiegu łańcuch mRNA składa się wyłącznie z zasad nukleotydowych zdolnych do transkrybowania.



Rysunek 2.4.
Proces
syntetyzowania
białek:
transkrypcja
zachodzi
w jądrze,
translacja
w rybosomach

Syntetyzowanie białek



Cząsteczka mRNA, po opuszczeniu jądra i przejściu do cytoplazmy, przenosi informacje genetyczne do *rybosomu* (organelli komórkowej), gdzie zachodzi proces *translacji* (jeżeli transkrypcja przypomina zapisywanie polskich słów literami greckimi, to translacja będzie odpowiednikiem składania greckich słów z greckich liter). Nić mRNA przechodzi przez rybosom, który, czytając po trzy nukleotydy na raz, tłumaczy „słowa”. Każda taka grupa trzech nukleotydów nosi nazwę *kodonu* i koduje konkretny aminokwas.

Kod genetyczny, który, co zadziwiające, jest identyczny w przypadku wszystkich istot żywych, stanowi język łączący geny z aminokwasami. Przykładowo, jeżeli kodon zawiera nukleotydy UCG, oznacza on aminokwas zwany *tryptofanem*. (W naturze występuje 20 różnych aminokwasów, zaś możliwych kodonów jest 64, dlatego niektóre aminokwasy są przypisane do kilku z nich).

W miarę odczytywania kodonów cząsteczka tRNA przenosi odpowiedni aminokwas do rybosomu. Wyobraź sobie aminokwasy jako pudełka, a tRNA — jako magazyniera. Kodon jest w tym układzie instrukcją mówiącą, które pudełko należy zdjąć z półki. Kiedy jeden pracownik przyniesie dane pudełko, inny otrzymuje instrukcję zabrania kolejnego. Kiedy wszystkie aminokwasy zostaną zgromadzone, powstaje z nich białko. Czasami wymagane jest wprowadzenie drobnych zmian w jego strukturze, ale zwykle proces ten przebiega szybko i po krótkiej chwili od przeczytania informacji i dostarczenia aminokwasów nowe białko pojawia się w organizmie.

Jak powiedziałam wcześniej, nasze ciała cały czas potrzebują białek do budowania nowych komórek i tkanek, regenerowania uszkodzeń, zwalczania mikroorganizmów oraz tworzenia niezbędnych enzymów i hormonów zapewniających właściwe funkcjonowanie organizmu.

Rozdział 3

Tworzenie podstaw

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Dowiesz się, dlaczego komórki są tak ważne dla organizmów żywych.
 - ▶ Zrozumiesz, co się dzieje wewnątrz komórek.
 - ▶ Poznasz różne rodzaje tkanek występujących w ciele.
 - ▶ Zobaczysz, jak z wielu komórek powstają nowe tkanki.
-

Rozdział ten ma służyć przedstawieniu Ci informacji na temat podstawowych funkcji Twojego ciała. Jeżeli masz zamiar zagłębić się w opis poszczególnych układów, przejdź do części II. Tutaj zajmiemy się przede wszystkim wyjaśnieniem tego, dlaczego każda komórka działa jak miniaturowy organizm podejmujący typowe dla organizmów żywych działania, takie jak przemiana składników odżywczych w energię i białka. Wyjaśnię też, w jaki sposób komórki łączą się ze sobą w tkanki, tworząc kości, mięśnie, naczynia krwionośne, nerwy i narządy. Jako że komórki i tkanki tworzą każdą część ciała, można uznać je za podstawowy budulec organizmu.

Komórki (ale nie te, z których się dzwoni)

Słowo „komórka” może oznaczać kilka różnych rzeczy: schowek na narzędzia, rodzaj telefonu albo pole do wpisywania danych w arkuszu kalkulacyjnym. Jednakże w kontekście anatomii i fizjologii komórki są mikroskopijnymi jednostkami, z których składają się organizmy żywe (i dzięki którym w ogóle można nazwać je żywymi). Opis zachodzących w nich zjawisk zacznę od przedstawienia ich poszczególnych części składowych.

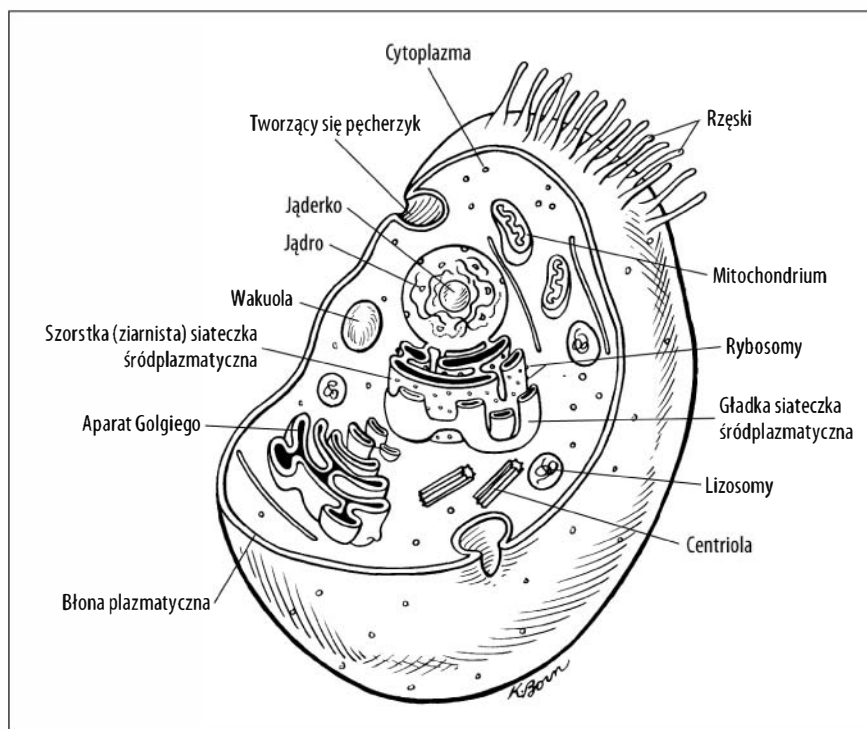
Ty zwierzaku!

Z komórek zbudowany jest każdy z żywych organizmów, wśród których można wyróżnić trzy główne grupy: rośliny, zwierzęta i grzyby. Organizmy tego rodzaju mogą składać się z jednej komórki, ale równie dobrze mogą

liczyć ich biliony, jak ma to miejsce w przypadku bardziej złożonych istot (np. ludzi). Komórki roślinne cechują się mocnymi, sztywnymi ścianami komórkowymi, a także zawierają chlorofil — pigment barwiący liście na zielono. Komórki zwierzęce nie posiadają chlorofilu i są otoczone nie ścianą, lecz błoną komórkową. Wszystkie one składają się z tych samych komponentów. Różnice pomiędzy poszczególnymi organizmami wynikają z różnic w ich materiale genetycznym, który również znajduje się w komórkach.

Wewnątrz komórki

Komórka przypomina sakiewkę wykonaną z błony komórkowej i wypełnioną żelowatą substancją o nazwie *cytoplazma* (patrz rysunek 3.1.). Czasami nosi ona też miano *plazmy* — w takim przypadku błonę nazywamy *błoną plazmatyczną* — ale w niniejszej książce będę używać konsekwentnie tego pierwszego terminu. Cytoplazma wypełnia komórkę i nadaje jej kształt, tak jak woda znajdująca się w nadmuchiwanym basenie. Błona komórkowa zabezpiecza ją przed wylaniem się, a także selektywnie przepuszcza substancje do wewnątrz i na zewnątrz komórki.



Rysunek 3.1.
Przekrój
podstawowej
komórki
zwierzęcej

Budowa komórki

Wewnątrz cytoplazmy znajdują się *organelle* (małe organy), w których zachodzą procesy komórkowe. Można je porównać z małymi fabrykami, gdyż każda z nich jest odpowiedzialna za wytwarzanie konkretnych substancji potrzebnych komórce lub organizmowi ogólnie. W tabeli 3.1. znajdziesz spis najważniejszych organelli komórek zwierzęcych.

Tabela 3.1. Organelle komórek zwierzęcych (w tym ludzkich)

Organelum	Funkcje
Jądro	Kontroluje działanie komórki, zawiera materiał genetyczny
Mitochondrium	„Elektrownia” komórkowa, przekształca składniki odżywcze (np. glukozę) w energię, którą organizm może wykorzystać
Siateczka śródplazmatyczna	Gra istotną rolę w tworzeniu białek i przenoszeniu produktów komórki, jest częściowo odpowiedzialna za metabolizowanie tłuszczów
Aparat Golgiego	„Pakuje” produkty w pakiety zwane <i>pęcherzykami</i> , dzięki czemu mogą one przedostać się przez błonę komórkową
Wakuole	Przestrzenie w cytoplazmie pomagające w transportowaniu substancji na zewnątrz błony komórkowej
Lizosomy	Zawierają enzymy trawienne rozkładające szkodliwe związki i produkty przemiany materii, a także usuwają te substancje z komórki

Działanie komórki

Jak widać z opisu funkcji poszczególnych organelli, w komórce dużo się dzieje. Gdy zestawimy to z faktem, że ludzkie ciało składa się z bilionów komórek, przestaje nas dziwić fakt, że od czasu do czasu musimy się zdrzemnąć.

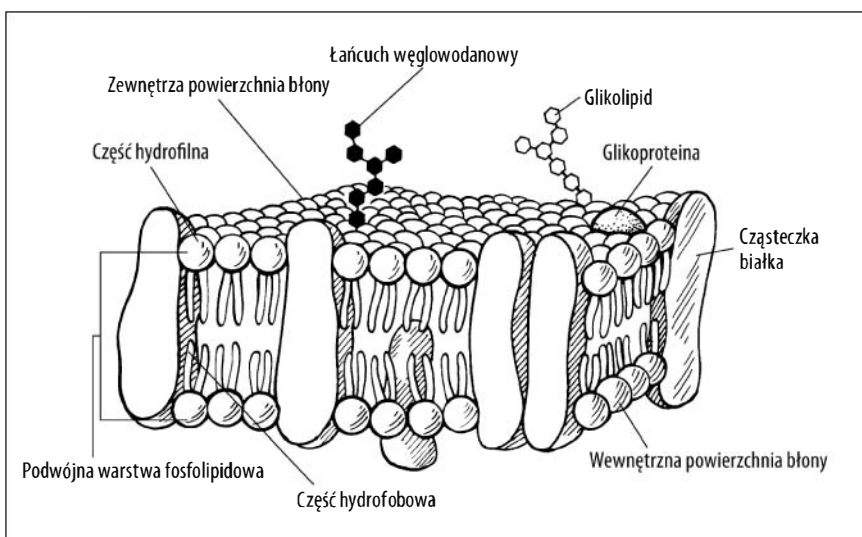


Poniżej znajdziesz opis najważniejszych funkcji, substancji, cech i działań komórki:

- ✓ **Oddychanie:** *Metabolizm* to nazwa określająca ogół przemian zachodzących w komórce, w wyniku których energia zawarta w jedzeniu (i mierzona w kaloriach) zostaje przekształcona w *adenozynotryjfosforan* (ATP) na drodze tworzenia związków (*anabolizm*) lub rozkładania substancji (*katabolizm*). Jeżeli ATP zostaje stworzone przy udziale tlenu (pozykiwanego na drodze wymiany gazowej), to mówimy o *oddychaniu tlenowym*, natomiast gdy *nie* bierze on udziału w reakcji, mamy do czynienia z *oddychaniem beztlenowym*.
- ✓ **Półprzepuszczalność:** Błona komórkowa (*plazmatyczna*) nie przepuszcza wszystkich substancji jednakowo. Nie jest całkowicie nieprzepuszczalna, gdyż nie byłaby wtedy w stanie usuwać szkodliwych

substancji ani wysyłać na zewnątrz wyprodukowanej energii. Nie może być także całkowicie przepuszczalna, gdyż byłaby bardzo podatna na toksyny z zewnątrz. Dlatego właśnie przepuszczalność ma w jej przypadku charakter selektywny. Niektóre substancje są wpuszczane, inne nie — podobnie jak w klubach, w których obowiązuje określony strój, a goście nie trzymający się pewnych zasad są zawracani przy wejściu.

Dwuwarstwowa budowa błony komórkowej (patrz rysunek 3.2.) dobrze realizuje ideę jej półprzepuszczalności. Jest ona bowiem częściowo płynna, po części zaś oparta na sztywnej strukturze białek i innych substancji. Składa się z dwóch warstw wykonanych z *lipidów* (tłuszczów), przez co nazywana jest też *podwójną warstwą fosfolipidową*. Zewnętrzna część górnej i dolnej warstwy zbudowana jest z cząsteczek *hydrofilnych*, natomiast część wewnętrzna to cząsteczki *hydrofobowe*. Zarówno cytoplazma, jak i *substancja międzykomórkowa* (środowisko, w którym znajdują się komórki) są płynne, dlatego też stykają się wyłącznie z hydrofilnymi częściami błony.



Rysunek 3.2.
Budowa błony
komórkowej

- ✓ **Cykl komórkowy:** Komórka przechodzi cyklicznie okresy rozwoju, reprodukcji oraz odpoczynku, noszące łącznie nazwę *cyklu komórkowego*. Gdyby komórki się nie reprodukowały, po pewnym czasie musiałyby obumrzeć (patrz rozdział 2.).
- ✓ **Geny i białka:** Jądro każdej komórki zawiera pełny zestaw genów znajdujących się w niciach DNA, ponieważ muszą one wytwarzać substancje niezbędne do funkcjonowania organizmu. Na przykład produkcja białka wykorzystywanego do wytwarzania insuliny, hormonu kontrolującego poziom glukozy w krwiobiegu, wymaga

odczytania, porównania i przetłumaczenia informacji genetycznej. Posiadając DNA, komórki wiedzą, jakie aminokwasy należy wyprodukować w danej chwili, aby możliwe było wytworzenie i wprowadzenie do odpowiedniego miejsca w organizmie konkretnego białka. Więcej informacji na temat kopiowania DNA i tworzenia białek znajdziesz w rozdziale 2.

- ✓ **Autotrawienie:** Stare i zużyte części komórki muszą zostać usunięte, gdyż inaczej mogłyby stać się źródłem toksyn lub prowadzić do strat energetycznych. Jest to zadanie dla *lizosomów*. Kiedy zatem organelle, takie jak np. mitochondria, nie są w stanie wytwarzać odpowiedniej ilości energii, lizosomy uwalniają enzymy, które rozkładają te wadliwie funkcjonujące części komórki.

Proces ten nosi nazwę *autotrawienia*, gdyż składowe komórki rozpuszczane są przez enzymy znajdujące się w niej samej. Częsteczki pozyskane z rozłożonych organeli wykorzystywane są po raz kolejny w tej lub w innej komórce (naturą jest przeciwna marnowaniu czegośkolwiek). Pozostałe, nieprzydatne już substancje są wydalane na zewnątrz.

- ✓ **Transport przez błonę:** Substancje takie jak hormony (patrz rozdział 8.) oddziałują na inne komórki niż te, w których zostały wyprodukowane. Wędrują one w krwiobiegu, aby dotrzeć do właściwego miejsca, a więc muszą przenikać przez błonę komórkową. Tlen i składniki odżywcze także muszą to robić, tyle że w przeciwnym kierunku (do wnętrza komórki). Niektóre związki są zdolne przeniknąć przez błonę samodzielnie, inne muszą zostać przeniesione.

Przechodzenie przez błonę możliwe jest za pośrednictwem *kanałów* tworzonych w niej przez specyficzne białka. Jeżeli cząsteczka pragnąca dostać się do wnętrza komórki odpowiada danemu rodzajowi białka (zwanego *receptorem*), to może ona przeniknąć do środka. Mechanizm ten przypomina działanie zamka, do którego pasuje tylko jeden, konkretny rodzaj klucza. Jeśli cząsteczka takiego „klucza” nie posiada, musi zostać na zewnątrz lub spróbować dostać się przez inne „drzwi”. Zadaniem receptorów jest przepuszczanie wyłącznie tych molekuł, które powinny znaleźć się w komórce.

Transport przez błonę może być *aktywny*, co wymaga wydatku energii, lub *bierny*, do czego wystarcza różnica warunków wewnątrz i na zewnątrz komórki. Można to porównać do wchodzenia przez drzwi otwierane przez umundurowanego strażnika (aktywne) lub przez drzwi rozsuwające się automatycznie (bierne).

Niektóre molekuły wymagają *transportu aktywnego* ze strony *cząsteczek transferowych*, czyli specjalnych białek znajdujących się w błonie komórkowej. Cząsteczki wydają nieco energii na przyłączenie się do nich, a te przenoszą je na drugą stronę.

Inne substancje są na tyle małe, że mogą przenikać przez błonę bez większych trudności. *Transport bierny* można porównać do sytuacji, w której kot wychodzi swobodnie z domu przez otwarte drzwi

(lub specjalne wejście dla kota), kiedy tylko ma na to ochotę. Istnieją trzy sposoby tego transportu:

- **Dyfuzja:** Substancje przenikają z miejsca wysokiej koncentracji do miejsca, w którym są bardziej rozrzedzone. Ich cząsteczki przechodzą przez błonę komórkową, aby wyrównać poziom stężenia po obu jej stronach.
- **Osmoza:** Termin ten oznacza przechodzenie cząsteczek wody przez półprzepuszczalną błonę. Błona taka przepuszcza wodę, ale zatrzymuje zawieszone w niej cząsteczki innych substancji. Podobnie jak dyfuzja, osmoza opiera się na mechanizmie wyrównywania stężeń. Różnica polega jednak na tym, że w tym przypadku przemieszczają się cząsteczki wody, nie substancji. Kierunek ruchu jest taki sam jak w dyfuzji — woda przenika z miejsca o wysokim stężeniu do tego, w którym jej zawartość jest niższa.

Ważne jest tu stężenie cząstek rozpuszczonych w rozpuszczalniku (wodzie). Z roztworem *izotonicznym* mamy do czynienia, gdy stężenia wody i innej substancji są sobie równe. Roztwór *hipotoniczny* to taki, w którym stężenie wody jest wyższe niż substancji (jest jej tam więcej niż w analogicznej objętości izotonicznego roztworu tego samego związku). W roztworze *hipertonicznym* natomiast stężenie cząstek rozpuszczonych jest wyższe od zawartości wody. Im większe jest stężenie substancji, tym mniej jest w nim rozpuszczalnika, a większe jest *ciśnienie osmotyczne*. Kiedy osiągnie ono odpowiednio dużą wartość, transport przez błonę ustaje, aby komórka nie traciła więcej wody. Osmoza jest więc mechanizmem homeostatycznym pozwalającym utrzymać optymalne warunki funkcjonowania organizmu (patrz rozdział 8.).

- ✓ **Filtracja:** Ta forma transportu biernego pojawia się w momencie wymiany kapilarnej. Kapilary, zwane też naczyniami włosowatymi, są najmniejszymi naczyniami krwionośnymi łączącymi tętniczki i żyłki (patrz też rozdział 9.). Mają one szerokość jednej komórki, więc substancje zawarte w płynie tkankowym (takie jak dwutlenek węgla czy woda) mogą przechodzić do nich bezpośrednio, zaś związki znajdujące się w kapilarach (jak np. glukoza czy tlen) mogą przedostawać się do płynu tkankowego. Przejście takie nie zdarza się jednak samo z siebie. Jego kierunek wyznacza bowiem różnica pomiędzy ciśnieniem osmotycznym a ciśnieniem krwi, zaś błona komórkowa kapilary pełni dodatkowo funkcję filtra.

Ciśnienie krwi w naczyniu włosowatym jest najwyższe na jego tętniczym końcu, a najniższe na jego końcu żylnym. Ciśnienie osmotyczne, czyli takie, w którym woda przestaje przechodzić przez błonę, pozostaje stałe, więc na końcu tętniczym ciśnienie krwi jest od niego wyższe, a na końcu żylnym — niższe. Dlatego też początkowo ciśnienie krwi wypiera z kapilary drobne cząsteczki, takie jak molekuły wody, glukozy

czy dwutlenku węgla, które mogą przejść do płynu komórkowego (a następnie, na drodze dyfuzji — do komórek). Jednakże w tym samym momencie na końcu żylnym jest ono niższe od osmotycznego, dzięki czemu toksyny, produkty przemiany materii oraz woda zostają wyssane z płynu komórkowego do kapilary.

Organizacja komórek w tkanki

Kiedy zestawimy ze sobą wiele podobnych komórek, otrzymamy tkankę. Wszystkie tkanki zbudowane są z komórek pełniących tę samą funkcję, podobnie jak duża ilość tak samo funkcjonujących tkanek tworzy narząd.

Oto przykład: komórki wydzielające pewne substancje, np. soki trawienne, łączą się ze sobą w tkankę. Później dołączają do niej inne komórki i tkanki, tworząc kompletny narząd. W tym przypadku jest nim żołądek — będący częścią układu trawiennego kontrolującego czas i sposób wydzielania soków trawiennych — organizm działa jednak spójnie na wszystkich swoich poziomach. W niniejszym rozdziale wyjaśnię, w jaki sposób tkanki tworzone są z pojedynczych komórek oraz jaką rolę pełnią poszczególne ich rodzaje (nabłonkowa, łączna, mięśniowa i nerwowa).

Ciągłość nabłonka: skóra

Ciekawą cechą nabłonka (*epithelium*) jest to, że, z niewielkimi wyjątkami, pokrywa on całe nasze ciało oraz wyściela jego jamy (patrz rozdział 6.). Choć jest on warstwą ciągłą, posiada kilka specyficznych funkcji w zależności od jego umiejscowienia. Jako skóra tkanka ta chroni ciało w następujący sposób:

- ✓ zabezpiecza je przed utratą wody,
- ✓ chroni narządy wewnętrzne przed uszkodzeniem,
- ✓ pomaga w ochronie przed infekcjami bakteryjnymi.

Nabłonek wyściela też żołądek i chroni go za pomocą wydzielanego śluzu, zabezpieczając jego ścianę przed jego własnymi enzymami i kwasami. Nabłonek pokrywający wnętrze nosa zawiera natomiast włosowate *rzęski* przechwytyjące kurz, pył i inne cząsteczki, uniemożliwiając im dotarcie do płuc.

W tabeli 3.2. wymienione zostały trzy rodzaje komórek nabłonka.

Tabela 3.2. Rodzaje komórek nabłonka

Rodzaj nabłonka	Opis	Umiejscowienie
Walcowaty	Komórki mają kształt kolumniek. Jądro znajduje się zwykle w spodniej ich części	Wyściółka układu trawiennego
Sześcienny	Komórki mają kształt sześciątów	W kielichach mniejszych nerek
Płaski	Komórki mają kształt płaskich wieloboków	Wyściółka płuc i naczyń krwionośnych

Poza tym tkanki nabłonka dzielą się też na trzy różne rodzaje pod względem struktury. Wyróżniamy więc:

- ✓ **nabłonek jednowarstwowy** utworzony z pojedynczej warstwy komórek;
- ✓ **nabłonek wielowarstwowy** składający się z ułożonych na sobie warstw komórek;
- ✓ **nabłonek pseudowarstwowy**, który wygląda jak wielowarstwowy, choć nie ma takiego charakteru.

Komórki mogą tworzyć dowolne kombinacje tych dwóch odmian, a zatem możemy spotkać nabłonek *wielowarstwowy płaski*, *jednowarstwowy sześcienny*, *pseudowarstwowy walcowaty* itp. Przykładowo nabłonek warstwowy płaski stanowi wierzchnią część skóry, zaś nabłonek pseudowarstwowy kolumnowy występuje w gruczołach i innych organach wydzielających substancje (np. w układzie pokarmowym). Jeżeli posiada on rzęski, można to zaznaczyć, mówiąc o *nabłonku pseudowarstwowym kolumnowym rzęskowym*, który faktycznie występuje w ludzkim ciele, wyściełając wnętrze jamy nosowej i tchawicy (i wydzielając śluz).

Łączenie się z tkanką łączną

Tkankę łączną jest dość trudno sobie wyobrazić, gdyż ma ona bardzo wiele zadań, a co za tym idzie, posiada wiele form. W niektórych partiach ciała, np. w kościach, pełni ona funkcje wzmacniające lub ochronne. W innych może wypełniać przestrzeń między pozostałymi tkankami i składać tłuszcz, tworząc coś w rodzaju amortyzatora mechanicznego. Powstają w niej również krwinki.

Ogólnie rzecz biorąc, tkanka łączna zbudowana jest z komórek oddalonych od siebie i umieszczonych w płynnej lub raczej żelowatej substancji międzykomórkowej. Możesz pomyśleć o tym jak o modelu kolejki zbudowanym

na makiecie wysypanej brązowym mchem. Wszystkie jego elementy — tory, budynki czy figurki ludzi — będą znajdowały się na tym podłożu.

Substancja międzykomórkowa tkanki łącznej może zawierać trzy rodzaje włókien:

- ✓ **Białe** włókna zawierają silne i elastyczne białko znane jako *kolagen*.
- ✓ **Żółte** włókna zawierają elastyczniejszą, ale słabszą niż kolagen *elastynę*.
- ✓ **Siateczkowate** włókna są bardzo cienkie, mocno rozgałęzione i zapewniają oparcie.

Tkanka łączna dzieli się też na galaretowatą i chrzęstną.

Tkanka łączna galaretowata

Pomimo jej nazwy, zadaniem luźnej tkanki łącznej jest utrzymywanie wszystkiego na swoim miejscu, przede wszystkim zaś łączenie tkanki nabłonkowej z tkankami znajdującymi się niżej. To właśnie ona znajduje się pomiędzy mięśniami a okrywającą je skórą. Kiedy zdejmujesz skórę z piersi pieczonego kurczaka, uszkodzasz tkankę łączną leżącą pomiędzy nią a mięśniem piersiowym. Ponadto luźna tkanka łączy nabłonek wyściełający jamę brzuszną z jelitami oraz innymi organami.

Tkanka łączna galaretowata jest zbudowana z komórek noszących nazwę *fibroblastów*, które są dość duże i mają kształt gwiazdzisty. Są one znacznie od siebie oddalone, a ich substancja międzykomórkowa zawiera zarówno elastynę, jak i kolagen.

Istnieją dwa typy tkanki łącznej galaretowatej:

- ✓ **Tkanka tłuszczowa:** zbudowana jest z komórek przypominających fibroblasty, które są jednak większe i wypełnione lipidami (tłuszczami), co ogranicza ilość kolagenu i elastyny w przestrzeni międzykomórkowej. Zdolność tkanki tłuszczowej do gromadzenia lipidów ma wiele zalet. Warstwa tłuszczów stanowi dobrą izolację termiczną, chroni organy wewnętrzne i pozwala na korzystanie z dużej ilości niezbędnej energii. Jeżeli jednak tkanka ta ulegnie nadmiernemu rozrostowi, może przyczynić się do powstania problemów ze zdrowiem. Najlepszym sposobem na stwierdzenie, czy jej ilość nie jest zbyt duża, jest rzut oka na okolice pasa i bioder.
- ✓ **Tkanka limfatyczna** (chłonka): znajduje się w węzłach chłonnych, śledzionie, grasicy oraz w czerwonym szpiku kostnym. Wszystkie te organy pełnią funkcję immunologiczną (patrz rozdział 13.). Chłonka również zbudowana jest z komórek o gwiazdzistym kształcie, choć w jej przypadku noszą one nazwę *komórek siateczkowatych*. Substancja międzykomórkowa także nie jest wypełniona włóknami kolagenowymi

i elastynowymi, lecz siateczkowatymi, które są lekkie i mocno rozgałęzione, przypominając przez to delikatną koronkę.

Tkanka łączna włóknista

Tkanka łączna włóknista także łączy poszczególne narządy, ale odznacza się znacznie sztywniejszą strukturą niż tkanka galaretowata. Fibroblasty są w niej zgromadzone dużo bliżej siebie, zaś substancja międzykomórkowa zawiera włókna kolagenowe ułożone równolegle. Tkanka ta występuje w *więzadłach* łączących kości w okolicach wspólnego stawu oraz w *ścięgnach* łączących kości z mięśniami.

Jak sama nazwa wskazuje, *chrząstki* również składają się z tkanki chrzęstnej. Są one mocniejsze niż ścięgna i więzadła, ponieważ ich substancja międzykomórkowa jest bardziej zbita, ale sztywność ta sprawia, że nie są one zbyt elastyczne i mogą pęknąć przy silnym nacisku. Ponadto nie dopływa do nich krew, przez co ich regeneracja przebiega bardzo wolno.

Istnieją trzy rodzaje tkanki łącznej chrzęstnej różniące się typem włókien, z których są zbudowane:

- ✓ **Tkanka łączna chrzęstna sprężysta** zawiera wiele włókien kolagenowych oraz elastynowych. Ten typ chrząstek jest elastyczny i rzadko „pęka”. Tego rodzaju tkanka występuje np. w małżowinie usznej.
- ✓ **Tkanka łączna chrzęstna włóknista** składa się głównie z włókien kolagenowych. Jest wytrzymała i amortyzuje wstrząsy, więc możemy ją znaleźć pomiędzy kręgami oraz w stawach kolanowych. Ponadto w stawach zmniejsza ona tarcie.
- ✓ **Tkanka łączna chrzęstna szklista** to najczęściej występujący rodzaj tkanki chrzęstnej. Zawiera wyłącznie włókna kolagenowe i odznacza się białą, matową barwą oraz dużą wytrzymałością (tak jak tkanka łącząca skórę kurczaka z jego mięsem). U ludzi występuje w nozdrzach, pierścieniach podtrzymujących i ochraniających tchawicę, a także w głowach kości długich (np. rąk i nóg) oraz żeber. W okresie płodowym składa się z niej ludzki szkielet — ulega ona potem mineralizacji, zmieniając się w tkankę kostną.

Z pewnością wiesz, że kości są wytrzymałe. Faktycznie, są one zbudowane z najtwardszej tkanki łącznej, jaka występuje w organizmach żywych. Substancja międzykomórkowa tkanki kostnej jest bardzo twarda, ponieważ oprócz włókien białkowych zawiera sole mineralne, głównie sole wapnia (dlatego też dostarczanie go do organizmu jest ważne dla zachowania mocnych kości). W rozdziale 4. dowiesz się, co może się stać, kiedy w Twoim ciele zacznie brakować tego pierwiastka.

Sila wiedzy o tkance mięśniowej

Twoje ciało zawiera trzy rodzaje tkanki mięśniowej: sercową, gładką i poprzecznie prążkowaną (szkieletową). Jest ona zbudowana z *włókien mięśniowych* składających się z wielu miofibryli, które sprawiają, że mogą się one kurczyć.

Ułożenie włókien w mięśniach powoduje, że mają one wygląd prążkowany (podobnie jak wołowina, która jest tkanką mięśniową krów i byków). Jasne i ciemne prążki przebiegają naprzemiennie i stanowią mieralne jednostki długości mięśnia zwane *sarkomerami*. Właściwości poszczególnych rodzajów tkanek mięśniowych przedstawiają się następująco:

- ✓ **Tkanka mięśnia sercowego** buduje serce. Włókna składające się na ten organ posiadają tylko jedno jądro. Są prążkowane, o cylindrycznym kształcie i rozgałęzione na podobieństwo korony drzewa. Duże włókna dzielą się na mniejsze, które z kolei dzielą się na jeszcze drobniejsze włókienka. Jako że całe serce musi kurczyć się w jednej chwili, poszczególne włókna tego mięśnia są ze sobą splecione. Pomiedzy kolejnymi skurczami mięsień sercowy rozluźnia się całkowicie, aby nie ulec zmęczeniu. Jego działanie jest niezależne od naszej woli i sygnałów płynących z mózgu, co jest oczywiste, gdyż niezależnie od tego, czy jesteśmy zmęczeni, czy śpimy, nasze serce musi bić nieustannie.
- ✓ **Tkanka mięśniowa gładka** znajduje się w ścianach organów wewnętrznych posiadających komorę, takich jak żołądek, pęcherz, jelita czy płuca. Włókna tego rodzaju mięśni są pozbawione jąder i mają kształt wrzecionowaty. Ułożone są w równoległych rzędach tworzących arkusze tkanki. Podobnie jak w przypadku mięśnia sercowego, skurcze mięśni gładkich również są niezależne od naszej woli. Rozkurczają się powoli, zawsze dłużej niż mięśnie poprzecznie prążkowane, ale też bardzo wolno się męczą.
- ✓ **Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana** znajduje się w rękach, nogach i w tułowiu. Mięśnie takie posiadają wiele jąder, mają kształt cylindryczny i są wyraźnie prążkowane. Ich włókna biegną przez całą ich rozpiętość, a zatem są dość długie, zwłaszcza w przypadku mięśni znajdujących się w tylnej części uda. W odróżnieniu od mięśnia sercowego czy mięśni gładkich, mięśnie szkieletowe znajdują się pod kontrolą układu nerwowego, dzięki czemu możemy sterować nimi świadomie. Choć niektóre ruchy mogą być bardzo szybkie (jak cofanie ręki znad płomienia czy zasłanianie się rękami na widok lecącego w naszą stronę przedmiotu), to zawsze są one wynikiem analizy otoczenia przez układ nerwowy i wysłania impulsu wzbudzającego reakcję. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w rozdziale 5., zaś na rysunku 5.1. przedstawiono mechanizm kurczenia się mięśni szkieletowych.

Nerwowość w tkankach?

Nie ma powodu do niepokoju. Wystarczy spojrzeć na rysunek 7.3. (przepraszam, że każe Ci sprawdzać tak daleko), aby poczuć *impuls* do poszukiwania dodatkowych informacji. Tkanka nerwowa tworzy system odpowiedzialny za koordynowanie działania całego organizmu. Do układu tego zalicza się mózg, rdzeń kręgowy oraz nerwy odchodzące od tych dwóch narządów. Tkanka nerwowa i nerwy zbudowane są z komórek zwanych *neuronami*. Jako że system nerwowy pełni kilka wyjątkowych dla siebie funkcji, neurony są specjalnym typem komórek. Służą one do odbierania i wysyłania elektrycznych sygnałów (impulsów), reagują na bodźce (gorąco, zimno, ból, dotyk itp.), a także kontrolują wiele zachodzących w ciele zjawisk (np. wydzielanie hormonów). Nawet czynności niezależne od naszej woli, jak skurcze mięśni gładkich lub mięśnia sercowego, potrzebują współdziałania nerwów (choć akurat w tym przypadku impulsy przez nie odbierane nie pochodzą z mózgu).

Oprócz neuronów tkanka nerwowa składa się również z *komórek glejowych*, które chronią i odżywiają te pierwsze. Same neurony zbudowane są z kilku części: ciała komórki zawierającego jądro i organelle, rozgałęzionych *dendrytów* odbierających impulsy oraz cienkiego włókna zwanego *aksonem*, które pozwala wysyłać sygnały do innych komórek. Dokładne działanie neuronów zostało opisane w rozdziale 7.

Część II

Anatomia od stóp do głów

The 5th Wave

By Rich Tennant



A teraz, skoro przełamaliśmy pierwsze lody...

W tej części...

Trzy rozdziały tej części opisują elementy tworzące układ będący dla ciała tym, czym dla samochodu jest nadwozie. Innymi słowy, poznasz w nich budowę i działanie różnych rodzajów kości, mięśni i skóry, dowiesz się, jak każdy z tych elementów jest zaopatrywany w składniki odżywcze i tlen, a także w jaki sposób zachodzą w nich procesy regeneracji starych komórek. Ponadto zaczniemy też analizować podstawy patofizjologii. Poczynając od rozdziału czwartego, dowiesz się, co złego może się stać z różnymi partiami ciała oraz w jaki sposób takie zaburzenia (wynikłe z choroby lub wpływu genetycznego) mogą wpływać na funkcjonowanie organizmu.

Rozdział 4

Nagie fakty na temat układu kostnego

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Do czego może się przydać trup w szafie.
 - ▶ Jak trzymać narządy w kupie.
 - ▶ Gdzie są wszystkie kości.
 - ▶ Do czego (i w jaki sposób) są zdolne kości.
 - ▶ Bolesne krzywienie kręgosłupa: lordoza, kifoza i skolioza.
-

Jeżeli masz w szafie jakiegoś trupa, najwyższy czas wyciągnąć go na zewnątrz. Nie mam jednak na myśli mrocznych sekretów. Słowo honoru! Jeśli bowiem posiadasz model szkieletu, który w szkole niezmiennie nazywaliśmy kościotrupem, może Ci on bardzo pomóc w poznaniu położenia poszczególnych części układu kostnego.

W ciele dorosłego człowieka znajduje się 206 kości, ale układ ten (kościęć) zawiera też stawy, chrząstki i więzadła, łączące kości i stawy w jedną całość (więcej informacji na temat tkanki kostnej, stanowiącej typ tkanki łącznej, znajdziesz w rozdziale 3.). W budowie szkieletu można wyróżnić dwie części: *osiową* i *poprzeczną (kończynową)*. *Kościęć osiowy* to te elementy układu kostnego, które leżą wzdłuż osi ciała: czaszka, kość gnykowa, kolumna kręgowa i klatka piersiowa. *Kościęć kończynowy* to natomiast kości kończyn oraz ich miejsca przyczepu (obręcz barkowa i obręcz miedniczna).

Kostne tło

Zanim zacznę opisywać położenie poszczególnych elementów szkieletu, chciałabym omówić nieco dokładniej budowę i charakterystykę samych kości.

Melduję się na rozkaz: zadanie kości

Twój układ kostny pełni ściśle określoną funkcję. Bez niego człowiek wyglądałby jak niezdolny do poruszania się worek narządów. Dodatkowo szkielet:

- ✓ chroni nasze wewnętrzne organy i miękkie tkanki, takie jak mózg, serce i płuca;
- ✓ podtrzymuje ciało i chroni narządy przed oddziaływaniem grawitacji;
- ✓ wytwarza krwinki pełniące ważną rolę w transporcie tlenu, zwalczaniu szkodliwych drobnoustrojów czy przenoszeniu składników odżywczych i toksyn;
- ✓ służy jako magazyn soli mineralnych, np. soli wapnia;
- ✓ stanowi miejsce przyczepu mięśni, umożliwiając nam poruszanie się.

Podział kości



Kości mogą różnić się kształtem i wielkością, ich nazwy nie są jednak zbyt skomplikowane, gdyż dobrze oddają ich główne cechy. W naszym ciele występują kości płaskie, długie, krótkie i różnokształtne. W tabeli 4.1. omówiłam pokrótce najważniejsze różnice pomiędzy nimi.

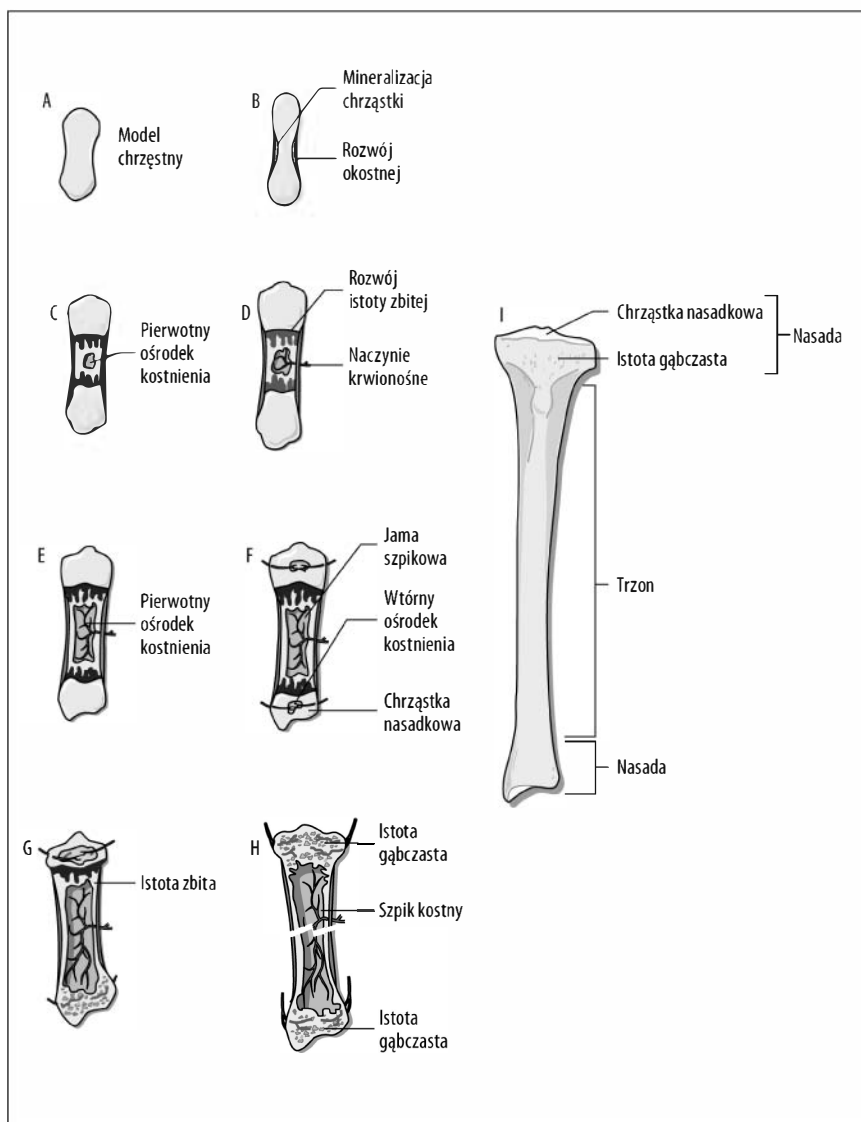
Tabela 4.1. Charakterystyka typów kości

Typ kości	Przykładowe położenie w ciele	Charakterystyka
Płaskie	Czaszka, łopatki, żebra, mostek, miednica	Podobnie jak płyty zbroi, kości płaskie chronią miękkie tkanki i narządy, takie jak mózg czy krtań.
Długie	Ręce i nogi	Niczym stalowe belki, te mocne i wytrzymałe kości zapewniają oparcie całemu ciału.
Krótkie	Nadgarstki (kości śródręcza) i stopy (kości śródstopia)	Krótkie kości przypominają sześciennie kostki, dzięki czemu mają więcej swobody ruchu niż długie.
Różnokształtne	Kolumna kręgową, rzepki	Kości nieregularne mogą przybierać wiele różnych kształtów i zwykle posiadają wypustki, z którymi mogą łączyć się mięśnie, ścięgna i więzadła.

Struktura kości



Kości długie (patrz rysunek 4.1.), takie jak kość udowa, są najczęściej wybieranym przykładem, ponieważ posiadają pewne właściwości, które występują w innych częściach układu kostnego. Poniżej znajduje się lista tych cech:



Rysunek 4.1.
Struktura kości
długich

- ✓ **Istota zbita:** Ta gęsta, twarda warstwa kości zbudowana jest z komórek zwanych *osteocytami* osadzonych w tzw. *jamkach kostnych* — przestrzeniach, w których znajdują się też włókna białkowe i sole mineralne (np. sole wapnia, o których tak często się mówi). Jamki kostne ułożone są w koncentryczne kręgi tworzące tzw. *system Haversa*. System ten składa się z dużych kanałów, przez które przebiegają odżywiające tkankę kostną naczynia krwionośne (przypomina to sztywną izolację przewodów elektrycznych) oraz *kanalików* łączących poszczególne jamki ze sobą i z pobliskim kanałem. Każdy z elementów systemu Haversa połączony jest z innymi za pomocą *kanalów Volkmanna*, które biegną prostopadłe do kanałów Haversa, są od nich szersze i również umożliwiają przebieg naczyń krwionośnych. Zadaniem całego układu jest zapewnienie zaopatrzenia w krew nawet tak zbitej tkance, jaką jest tkanka kostna.
- ✓ **Trzon:** Środkowa część kości to tzw. trzon. Posiada on wewnątrz komorę noszącą nazwę *jamy szpikowej* i zawierającą, jak sama nazwa wskazuje, *szpik kostny*. U dorosłych w jamie tej znajduje się *szpik żółty*, składający się głównie z tkanki tłuszczowej. Oprócz niego w kościach wszystkich ludzi istnieje również *szpik czerwony*, choć noworodki mają go więcej, gdyż w ich przypadku wypełnione są nim niemal wszystkie jamy szpikowe kości długich, podczas gdy u dorosłych gromadzi się on wyłącznie w istocie gąbczastej ich nasady, w czaszce, żebrach, kręgach i mostku. U dorosłych zachodzi też proces noszący miano *hematopoezy* i polegający na tworzeniu czerwonych krwinek w istocie gąbczastej.
- ✓ **Nasada:** W każdej kości można wyróżnić obszar jej wzrostu (patrz następny akapit). Ich trzon składa się z *istoty gąbczastej* pokrytej warstwą *istoty zbitej* (twardej warstwy kości), która z zewnątrz osłonięta jest *tkanką chrzęstną stawową* w miejscu, w którym kość przylega do innej, tworząc staw.
- ✓ **Okostna:** Ta twarda tkanka łączna włóknista pokrywa kość i łączy się bezpośrednio z więzadłami i ścięgnami. Jako że połączenia tego rodzaju są płynne i niemożliwe jest wyróżnienie miejsca przyczepu, mówi się, że okostna jest ze ścięgnami i więzadłami *spójna*. Posiada ona również wiele naczyń krwionośnych przechodzących w głębsze warstwy kości. Do ich zadań należy zaopatrywanie kości w krew oraz transport substancji odżywczych i produktów przemiany materii, jak również wzbogacanie krwiobiegu w wytworzone w szpiku kostnym krwinki (więcej informacji na temat układu krwionośnego znajdziesz w rozdziale 9.).
- ✓ **Istota gąbczasta:** Czerwone krwinki tworzone są w istocie gąbczastej kości, która jest mocna, a jednocześnie lekka, co zmniejsza ogólną masę kośćca. Zawiera ona osteocyty i wiele płaskich beleczek kostnych, biegnących wzdłuż naturalnych linii kości, nadając tkance stosowną twardość i zapewniając amortyzację na wypadek zbyt dużych obciążeń.

Teraz, kiedy już wiesz, jak zbudowane są kości, możesz zrozumieć, które ich części są odpowiedzialne za nasz wzrost.

Aleś ty urósł!

Kiedy człowiek znajduje się jeszcze w brzuchu matki, nie ma zbyt wielu sposobności do zmiany ułożenia ciała, może poza okazjonalnym kopnięciem w pęcherz. Przez większość czasu jest jednak zwinięty w pozycji embrionalnej i pozostaje w niej przez dziewięć miesięcy (o ile nie przyjdzie na świat wcześniej). Czy możesz sobie wyobrazić, jak trudne byłoby utrzymanie takiej pozycji, gdyby kości płodu były sztywne? Na szczęście przed narodzinami i przez jakiś czas po nich ciało człowieka jest bardzo miękkie.



W czasie rozwoju płodowego kości powstają jako chrząstki, co pozwala dziecku na przyjmowanie pozycji, z których mógłby być dumny instruktor jogi. Chrząstki takie przyjmują kształt kości, które się z nich później rozwijają, służąc jako coś w rodzaju modelu. Następnie model taki jest nasycany solami mineralnymi, głównie solami wapnia. Proces ten nosi nazwę *kostnienia*.

Pamiętasz jamę szpikową? Kostnienie rozpoczyna się wewnątrz kości, gdzie *osteoblasty*, komórki ją tworzące, nasycają solami pierwotne tkanki chrzęstne. W miarę upływu czasu osteoblasty, które dotychczas przekształcały chrząstki w sztywne kości, zastępowane są przez ich właściwe komórki (*osteocyty*). Po zakończeniu tego procesu jedynym miejscem wzrostu kostnego pozostają nasady niektórych kości długich.



W nasadzie każdej kości istnieje *chrząstka nasadowa*. Podział komórek w tej tkance chrzęstnej prowadzi do wzrostu kości. Kiedy także i ten proces ulegnie zahamowaniu, przestają one rosnąć i człowiek osiąga ustalone wymiary, które pozostaną stałe przez większość jego życia.

Rzut oka na regenerację pęknięć (uszkodzeń)



Pęknięcia to mechaniczne uszkodzenia kości. Ludzkie ciało potrafi je naprawiać na cztery różne sposoby, ale zanim do nich przejdę, chciałabym przedstawić możliwe rodzaje złamań:

- ✓ **Złamanie wielokrotne:** pęknięcie kości na kilka części.
- ✓ **Złamanie pojedyncze:** pęknięcie kości na dwie części.
- ✓ **Złamanie otwarte:** kiedy złamana kość lub jej fragment działa jak nóż, przecinając otaczające ją mięśnie i skórę.
- ✓ **Złamanie podokostnowe:** takie, które wygląda na niepełne i przypomina nadłamaną świeżą gałązkę.
- ✓ **Złamanie zaklinowane:** kość pęka w nim na dwie części, które wklonowują się wzajemnie w siebie, przez co wydaje się ona cała, lecz krótsza.
- ✓ **Złamanie wzdłużne:** kiedy kość pęka wzdłuż, ale nie ulega rozszczepieniu na dwie części.

- ✓ **Złamanie zamknięte:** takie, w którym kość nie jest widoczna z zewnątrz.

Jeżeli masz tego pecha, że złamiesz sobie kość, jak miało to miejsce w przypadku mojej sześciolatniej siostrzenicy, która spadła z drabinki w szkole, musisz przeczekać proces regeneracji, który na szczęście przebiega automatycznie. Gips, szyna lub śruby mają na celu wyłącznie utrzymanie zrastających się kości w jednym miejscu. Oto, jak w przybliżeniu przebiega ten proces.

1. **W miejscu pęknięcia tworzy się skrzep,** gdyż z uszkodzonych naczyń krwionośnych wycieka krew. Jej krzepnięcie pozwala zahamować krwotok. Wokół miejsca pęknięcia tworzy się obrzęk i zapalenie. Jest to reakcja układu odpornościowego, próbującego zapobiec infekcji (patrz też rozdział 13.).
2. **Rozpoczyna się proces regeneracji tkanki** polegający na wypełnianiu pęknięcia włóknistą tkanką chrzęstną. Fragmenty kości są łączone za pomocą włókien kolagenowych.
3. **Pojawia się kościste zgrubienie** łączące pęknięte części kości. Jest ono wynikiem tworzenia istoty gąbczastej przez osteoblasty i beleczki kostne.
4. **Zachodzi proces dopasowywania.** Regeneracja kości nie polega na zniszczeniu tkanek w okolicy uszkodzenia i zbudowaniu ich od nowa, ale raczej na dopasowaniu nowego fragmentu do istniejącej już struktury. Osteoblasty tworzą na krawędzi złamania okostną, zaś w miarę wypełniania pęknięcia *osteoklasty* (komórki rozkładające tkankę kostną) eliminują istotę gąbczastą, pozostawiając nową jamę szpikową.



Jako że Twoje ciało ustawicznie wymienia stare komórki kości na nowe, musisz regularnie dostarczać mu wapnia. Dotyczy to całego życia, nie tylko okresu dziecięcego. Prawdę mówiąc, dorośli muszą dostarczać do swojego organizmu więcej wapnia niż dzieci!

Remont nigdy się nie kończy

Nawet jeżeli Twoje kości są w świetnym stanie, ciało nie może pozostawić ich samym sobie. W żywych organizmach wciąż zachodzą różne procesy i zmiany, także w działaniu osteoblastów i osteoklastów. Podobnie jak w każdej innej tkance, stare, zużyte komórki są usuwane i zastępo-

wane młodszymi. Osteoklasty niszczą je, przenosząc odzyskane z nich składniki do krwioobiegu i usuwając substancje, które nie nadają się do ponownego wykorzystania. Wapń jest filtrowany i używany przez osteoblasty do budowy nowych komórek tkanki kostnej.

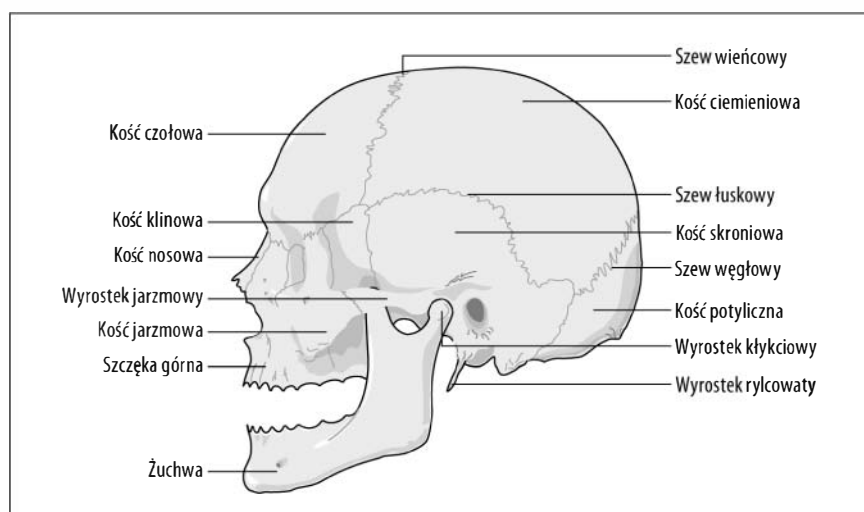
Zaczniemy od środka: kości szkieletu osiowego

Szkielet osiowy składa się z kości leżących w osi ciała, takich jak kręgosłup. Najłatwiejszym sposobem zapamiętania, które z nich go tworzą, jest przywołanie obrazu kręgosłupa i wszystkich kości bezpośrednio z nim połączonych, czyli klatki piersiowej (żeber) i czaszki. Znajdująca się w osi ciała kość gnykowa (patrz ramka „Pływająca kość”) jest również zaliczana do szkieletu osiowego, choć nie łączy się bezpośrednio z kręgosłupem.

Trzymaj głowę wysoko: czaszka

Jeżeli sądzisz, że czaszka przypomina budowę kask motocyklowy i stanowi jednolitą kość, jesteś w błędzie. Nie ogranicza się ona bowiem do pokrywy mózgu (która sama składa się z kilku oddzielnych kości), ale zawiera też złożoną część twarzową.

Ludzka czaszka (patrz rysunek 4.2.) składa się z *mózgoczaszki* i *twarzoczaszki*. Ta ostatnia otacza przestrzenie zwane *zatokami*, które pełnią znacznie bardziej złożoną rolę niż denerwowanie ludzi nieprzyjemnymi infekcjami.



Rysunek 4.2.
Ludzka czaszka:
część mózgowa
i część
twarzowa

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002



Łamanie głowy

Mózg chroniony jest przez osiem kości składających się na mózgowczaszkę i połączonych za pomocą nieruchomych stawów zwanych *szwami* (które wyglądem nieco przypominają szew chirurgiczny). Poniżej znajdziesz ich listę:

- ✓ **Kość sitowa:** złożona jest z kilku części (blaszek), z których większość tworzy jamę nosową. Jedną z nich jest tzw. *blaszka sitowa* zawierająca otworki, przez które przechodzą nerwy przekazujące impulsy z narządu powonienia.
- ✓ **Kość czołowa:** nadaje kształt czołu, oczodołom i części nosa.
- ✓ **Kość potyliczna:** tworzy tylne sklepienie czaszki oraz podstawę puszeki mózgowej. Znajdujący się w niej *otwór potyliczny wielki* pozwala na połączenie mózgu z rdzeniem przedłużonym.
- ✓ **Kości ciemienia:** to dwie kości tworzące sklepienie i boki puszeki mózgowej.
- ✓ **Kości skroniowe:** tworzą boki puszeki mózgowej na wysokości skroni. W każdej z nich można wyróżnić następujące elementy:
 - **Przewód słuchowy zewnętrzny:** otwarcie kanału słuchowego.
 - **Dół żuchwowy:** pozwala na ruch żuchwy (dolnej szczęki).
 - **Wyrostek sutkowaty:** stanowi miejsce przyczepu mięśni szyi.
 - **Wyrostek rylcowaty:** stanowi miejsce przyczepu mięśni języka i nagłośni.
- ✓ **Kość klinowa:** cechuje ją kształt motyla lub siodła (zależnie od strony, z której się ją ogląda). Tworzy ona dolną powierzchnię puszeki mózgowej i boki oczodołów. Centralna, obniżona część kości, nosząca nazwę *siodła tureckiego*, chroni przysadkę mózgową, bardzo ważny narząd kontrolujący działanie organizmu (więcej na ten temat w rozdziale 8.).

Czym jest rozszczepienie podniebienia?

Podniebienie jest sklepieniem jamy ustnej. Część bliższa gardłu nazywana jest podniebieniem miękkim, zaś część dalsza, leżąca nad przednimi zębami, nosi nazwę podniebienia twardego. U zdrowych ludzi obie kości podniebienia sta-

nowią elementy tej drugiej części. Czasami jednak w okresie płodowym nie dochodzi do pełnego ich zespolenia, przez co tworzy się otwór łączący jamę ustną z jamą nosową.



Twarzą w twarz z kośćmi twarzy

Większa część Twojej twarzy składa się ze skóry i mięśni. Poza kośćmi puszkii mózgowej, nadającymi jej kształt, w rejonie tym znajdują się także puste przestrzenie pełniące funkcję oczodołów i jamy nosowej. Do mniejszych kości twarzy należą:

- ✓ **Kości łzowe:** dwie małe kości leżące po wewnętrznej stronie oczodołów. Bruzdy znajdujące się pomiędzy nimi a nosem noszą nazwę *kanalików łzowych*. Dzięki nim łzy przepływają po powierzchni gałki ocznej w kierunku nosa, co wyjaśnia fakt, że w czasie płaczu kapie nam z niego.
- ✓ **Żuchwa:** dolna szczeka — jest jedyną ruchomą kością czaszki.
- ✓ **Szczeka górna:** jedna z dwóch kości tworzących szczękę.
- ✓ **Kości nosowe:** dwie prostokątne kości tworzące mostek nosa. Niższa, ruchoma jego część składa się z tkanki chrzęstnej.
- ✓ **Kości podniebienne:** tworzą tylną część podniebienia twardego (sklepienia jamy ustnej). Przeciwna ich strona stanowi dolną część jamy nosowej.
- ✓ **Lemiesz:** łączy kość sitową z przegrodą nosa (częścią, którą łatwo jest zniekształcić mocnym sierpowym albo, w moim przypadku, upadkiem z kanapy na twarz).
- ✓ **Kość jarzmowa:** tworzy kości policzkowe i boki oczodołów.

Węsenie za zatokami

Zatoki, jak sama nazwa wskazuje, stanowią puste przestrzenie w czaszce zmniejszające jej masę, dzięki czemu łatwiej jest nam utrzymywać szyję wyprostowaną. Dodatkowo służą one jako jamy rezonansowe zwiększające donośność naszego głosu, dlatego kiedy przeziębimy się i nasze zatoki są wypełnione śluzem, ma on o wiele płytsze brzmienie.

Istnieje kilka rodzajów zatok, przyjmujących nazwy od miejsc ich położenia:

- ✓ **Zatoki esowate** łączą się z uchem środkowym.
- ✓ **Zatoki szczękowe** są duże i leżą w pobliżu kości szczęki górnej.
- ✓ **Zatoki przynosowe** (zatoka czołowa, jarzmowa, sitowa i szczękowa dolna) łączą się z nosem, co jest szczególnie odczuwalne, gdy złapiemy katar.

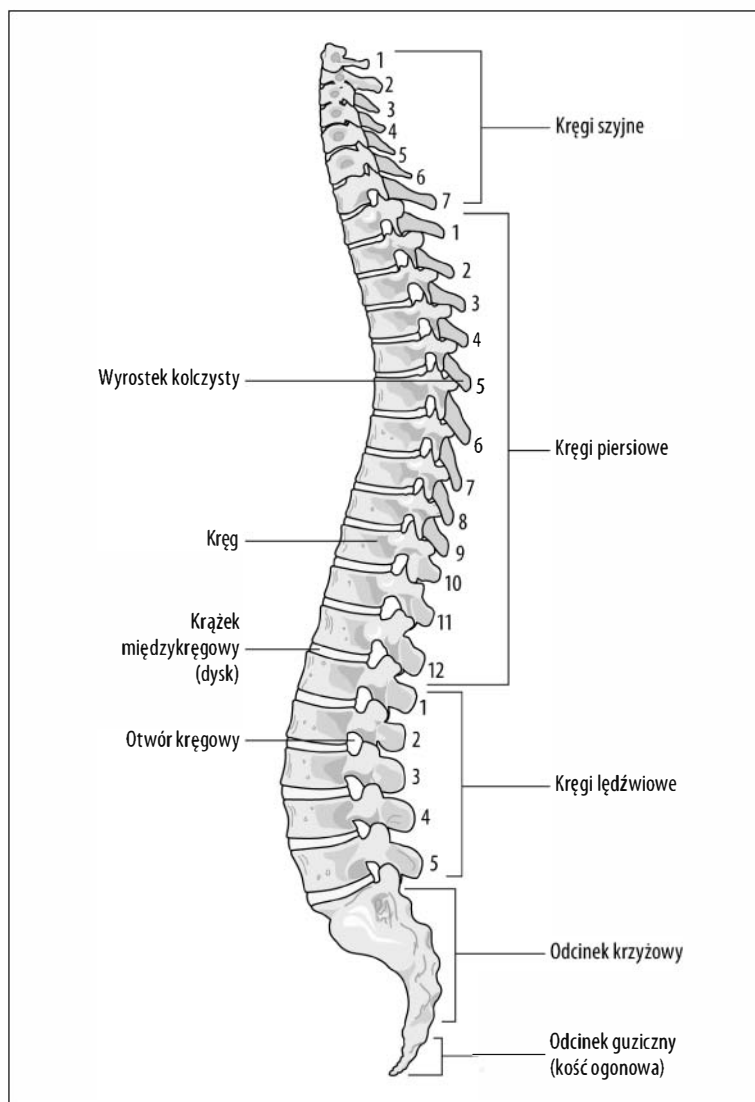
Pływająca kość

Kość gnykowa, niewielka kostka w kształcie litery „U” leżąca tuż nad nagłośnią, łączy język z mięśniami pozwalającymi przełykać. Sama jednak jest jedyną kością w całym ludzkim ciele,

która nie ma bezpośredniego połączenia z żadną inną. Jest ona przymocowana za pomocą więzadeł do wyrostków rylcowatych kości skroniowych.

Jak trzymać się prosto, gdy kręgosłup jest krzywy

Kręgosłup (patrz rysunek 4.3.) biegnie przez niemal całą długość tułowia. Rozpoczyna się przy podstawie czaszki i ciągnie się aż do miednicy. Jest konstrukcją dość złożoną, gdyż zbudowany jest z 33 oddzielnych kości zwanych kręgami.



Rysunek 4.3.
Kręgosłup,
widok z boku

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Zadaniem kręgosłupa i jego składowych (kręgów) jest ochrona rdzenia kręgowego pośredniczącego między mózgiem a resztą ciała. Niemalże wszystkie nerwy w naszym ciele są pośrednio lub bezpośrednio połączone z rdzeniem kręgowym, który łączy się z mózgiem, przechodząc przez otwór potyliczny wielki.



Jeżeli popatrzysz na kręgosłup z boku, zauważysz, że składa się on z pięciu łuków skierowanych na przemian na zewnątrz i do wewnątrz. Ta naturalna krzywizna zwiększa jego odporność na uderzenia i nacisk, a także ułatwia zachowanie równowagi, lepiej rozkładając masę czaszki na kości miednicy i zapobiegając zbytniemu przesunięciu się środka ciężkości w górę. Każdy łuk odpowiada jednemu z pięciu odcinków kręgosłupa: szyjnemu, piersiowemu, lędźwiowemu, krzyżowemu i ogonowemu. Liczba kręgów w każdym z nich oraz niektóre ich właściwości zostały zebrane w tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Odcinki kręgosłupa

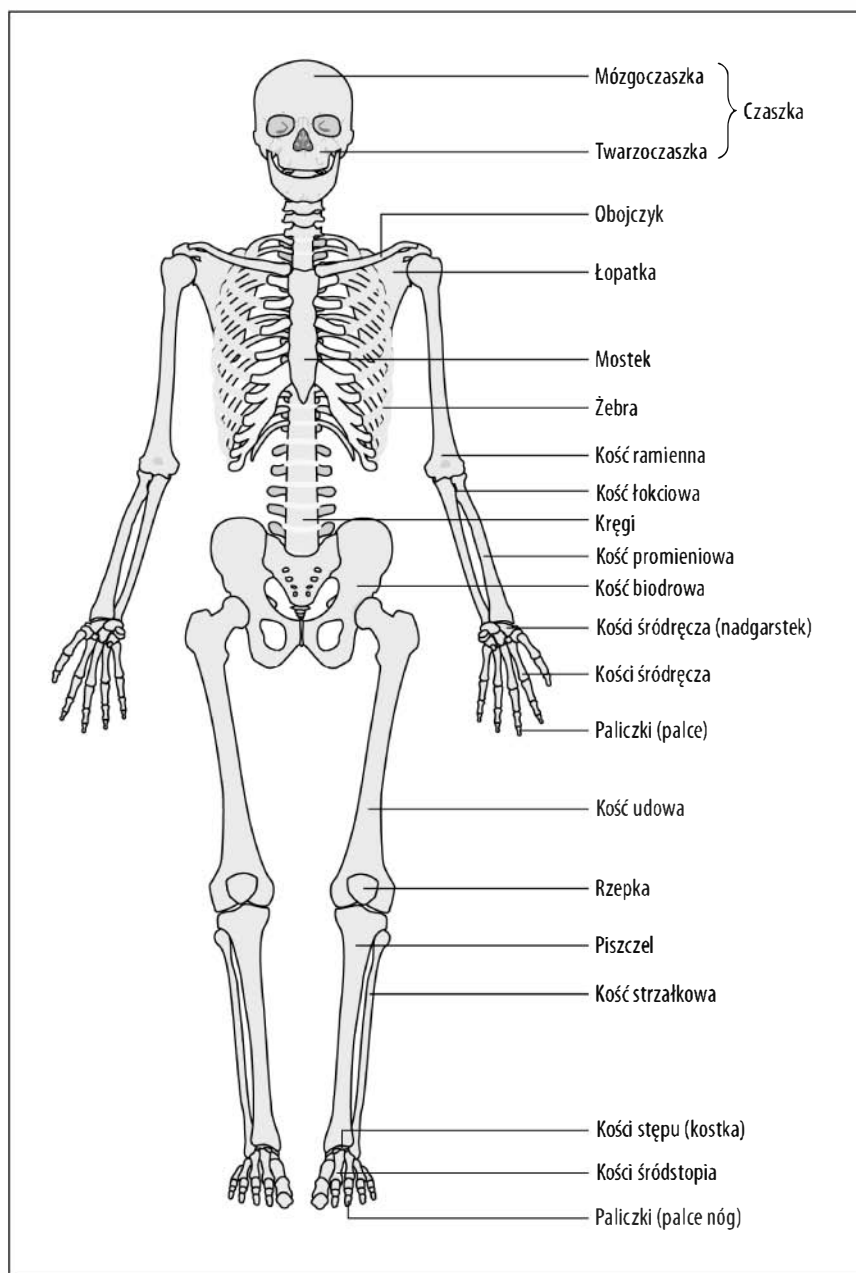
Odcinek	Liczba kręgów	Cechy
Szyjny	7	Czaszka łączy się z kręgosłupem za pomocą pierwszego kręgu zwanego <i>atlasem</i> (dźwigaczem). (W mitologii greckiej Atlas był olbrzymem dźwigającym świat na swoich ramionach).
Piersiowy	12	Z tym odcinkiem łączą się żebra.
Lędźwiowy	5	Potocznie określanymi mianem pierwszej krzyżowej, odcinek ten przyjmuje największe obciążenia.
Krzyżowy	5 (zrosniętych w część krzyżową)	Część krzyżowa łączy się z kośćmi biodrowymi.
Guziczny	4 (zrosnięte w kość ogonową)	Kość ogonowa to pozostałość po ogonie, który zaniknął w czasie ewolucji.

Kręgosłup łączy się także z innymi kośćmi. Na jego szczycie znajduje się czaszka. Kręg S-1 (szyjny nr 1) nosi nazwę *atlasy* i pozwala na ruchy głowy w przód i w tył. Drugi kręg szyjny (S-2) to tzw. *obrotnik*, który umożliwia obroty głowy w płaszczyźnie poziomej. Mit o Atlasie pomaga zapamiętać, który z kręgów faktycznie utrzymuje Twoją głowę na ramionach.

Klatka nie jest rzeczą złą



Klatka piersiowa (zwana także klatką żebrową) składa się z kręgów piersiowych, żeber i mostka (patrz rysunek 4.4.). Głównym jej zadaniem jest ochrona serca i płuc, a także zapewnienie miejsc przyczepu kościom ramion.



Rysunek 4.4.
Widok szkieletu
z przodu;
widoczna klatka
piersiowa,
obojczyki,
kończyny
górne,
kończyny dolne
i miednica

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Każdy człowiek posiada 12 par żeber. Część z nich nosi nazwę *prawdziwych*, część nazywamy żebrami *rzekomymi*, a część znana jest jako *żebra wolne*. Wszystkie jednak łączą się z kręgosłupem. Dodatkowo żebra prawdziwe są

połączone bezpośrednio z mostkiem, zaś żebra rzekome łączą się z nim poprzez *chrząstki żebrowe*. Ostatnie dwie pary noszą nazwę żeber wolnych, ponieważ nie mają z mostkiem żadnego połączenia. Ich zadaniem jest ochrona narządów znajdujących się w jamie brzusznej (np. nerek) bez ograniczania jej przestrzeni.

Sam mostek składa się z trzech części: *rękojeści*, *trzonu* oraz *wyrostka mieczykowatego*. Zgrubienie, jakie można wyczuć w jego górnej części, na wysokości obojczyków, to górna krawędź rękojeści. Trzon stanowi środkową część mostka, zaś wyrostek mieczykowaty — jego fragment dolny, który jest ważnym punktem odniesienia podczas podejmowania resuscytacji za pomocą masażu serca. Miejsce, w którym należy dokonywać ucisków, położone jest powyżej niego w odległości trzech grubości palca.

Połączenie: kośćciec kończyn

Kośćciec ten składa się z kości kończyn i związanych z nimi elementów łączących się z częścią osiową szkieletu ludzkiego (patrz wyżej), a więc z kości rąk i nóg oraz dwóch obręczy: barkowej i miednicznej.

Obręcze: każdemu po dwie



Każdy człowiek posiada w swoim szkielecie dwie obręcze (barkową i miedniczną), które pełnią podobną funkcję, co obręcze w beczkach, nie pozwalając całej konstrukcji się rozpaść. Sama ich nazwa sugeruje otaczanie czegoś i faktycznie — obręcze kośćca otaczają kręgosłup, wraz z dołączonymi do nich kośćmi rąk i nóg tworząc kończynową część szkieletu.

Dlaczego podnoszenie ciężarów jest zdrowe

Zapewne wiesz, że ćwiczenia aerobowe i podnoszenie ciężarów mogą mieć dobry wpływ na serce i mięśnie, ale czy wiesz również, że mogą one poprawiać stan kości? Ćwiczenia, zwłaszcza te związane z noszeniem ciężarów i wykorzystywaniem bioder oraz nóg (chodzenie, bieganie, jazda na rowerze, podnoszenie ciężarów), poprawiają niezależnie od wieku działanie osteobla-

stów. Są to komórki, z których tworzone są osteocyty, jeżeli zatem Twój organizm wytwarza ich więcej, to Twoje kości stają się mocniejsze. Ćwiczenie pozwala powstrzymać lub opóźnić osteoporozę objawiającą się zmniejszeniem ilości osteocytów, a co za tym idzie, osłabieniem kości. Praca mięśni również wzmacnia kośćciec i stawy.

Obręcz barkowa

Element ten otacza górną część kręgosłupa i jest miejscem przyczepu kończyn górnych, lepiej znanych pod nazwą rąk. Obręcz barkowa (patrz rysunek 4.4.) składa się z dwóch obojczyków i dwóch trójkątnych łopatek. Duża powierzchnia tych ostatnich zapewnia odpowiednie miejsce przyczepu dla wszystkich mięśni ramion, klatki piersiowej i pleców.

Obojczyki to jedyna część obręczy barkowej, która jest bezpośrednio połączona ze szkieletem osiowym (oba łączą się też ze sobą przy rękojęści mostka). Dzięki temu poszczególne części obręczy mają dużą swobodę ruchu, ale przez to łatwo ulegają przemieszczeniom.

Obręcz miedniczna

Elvis potrafił ją wykorzystywać po mistrzowsku. Obręcz miedniczna (patrz „miednica” na rysunku 4.4.) składa się z kości biodrowych oraz z kości krzyżowej i ogonowej. Do kości biodrowych należą *kość biodrowa*, *kość kulszowa* i *kość łonowa*. Kształtują one część ciała, którą potocznie określa się mianem bioder, zaś wystający fragment wyczuwalny po dotknięciu ręką boku to *grzebień kości biodrowej*. Kości te łączą się z kręgosłupem na wysokości odcinka krzyżowego, w tzw. *stawie krzyżowo-biodrowym*, o którego istnieniu doskonale wiedzą ludzie cierpiący na bóle dolnej części pleców. Problemy

Dlaczego kobiety mają większe biodra niż mężczyźni

Wszyscy wiemy, że kobiety mają inną budowę niż mężczyźni. To fakt. Mężczyźni na ogół posiadają „toporną” sylwetkę, bez zaokrągleń. Ciała kobiet przypominają zaś klepsydry, a ich biodra są zdecydowanie szersze niż męskie, gdyż ich kości biodrowe wystają bardziej. Miednica, czyli obręcz utworzona z kości miednicznej, kulszowej, łonowej i dolnej części kości krzyżowej, jest u nich szersza i bardziej zaokrąglona, podczas gdy u mężczyzn jej kształt jest zdecydowanie bardziej lejkowaty.

Te różnice anatomiczne mają swoje podłoże w fizjologii. Kobiety rodzą dzieci, a zatem ich miednice muszą być odpowiednio szerokie, aby umożliwić przejście przez nie noworodka. Pozostałe cechy je wyróżniające również mają związek z ciążą i porodem. Kość krzyżowa jest u kobiet szersza i bardzo cofnięta do tyłu, kość ogonowa jest zaś elastyczniej osadzona. Obie te

właściwości ułatwiają przejście dziecka przez kanał rodny znajdujący się wewnątrz obręczy miednicznej. Ponadto organizm ciężarnych kobiet wydziela hormon zwany *relaksyną*, który rozluźnia więzadła łączące poszczególne kości miednicy.

Wszystko to jest bardzo przydatne w chwili porodu, ale jako kobieta, która przechodziła przez to kilkakrotnie, mogę powiedzieć, że kości miednicy najprawdopodobniej nie powracają zbyt szybko do swojego dawnego położenia i po porodzie biodra przez jakiś czas są nieco szersze niż przed nim. Być może organizm w jakiś sposób zapamiętuje wcześniejsze ich położenie, aby ułatwić kolejny poród, ale szkoda, że nie wie, kiedy na świat przychodzi ostatnie nasze dziecko, bo wtedy miednica mogłaby wrócić do pierwotnego stanu.

tego rodzaju mogą być związane z artretyzmem stawu lub przemieszczeniem kości, ale nie tylko. Drugim sprawcą takich bólów może być położone niedaleko *wcięcie kulszowe większe*, w którym leżą naczynia krwionośne i nerwy biegnące wzdłuż nóg. Uciśnięcie nerwu kulszowego przez kość może wywołać bolesne zjawisko zwane *rwą kulszową*.

Kości kulszowe tworzą tylną część bioder i pośladków. W tej chwili prawdopodobnie siedzisz na skierowanym na zewnątrz *guzie kulszowym*. Oprócz niego omawiana kość posiada też *kolec kulszowy*, skierowany do wnętrza miednicy. Odległość dzieląca kolce obu kości kulszowych jest ściśle związana z szansą na skuteczność naturalnego porodu (patrz rozdziały 14. i 15.), gdyż musi ona być wystarczająco duża, aby zmieściła się tam główka noworodka.

Ręce i nogi



Twoje ręce i nogi to kończyny. Słowo to oznacza, że na nich ciało się kończy, gdyż nie posiada żadnych dalszych części. Razem z obręczami łączącymi je z resztą kośćca tworzą one, jak sama nazwa wskazuje, szkielet kończynowy.

Przeprowadzę Cię za rękę (za ramię i za łokieć również)

Twoja kończyna górna (ręka) łączy się z obręczą barkową (patrz wyżej) i składa się z następujących elementów: *kości ramiennej* w ramieniu, *kości łokciowej i promieniowej* w przedramieniu, *kości nadgarstka i śródręcza* w dłoni oraz *z paliczków palców*.

Kość ramienna łączy się z łopatką w miejscu zwanym *obrąbkami panewki łopatki* i stanowiącym panewkę stawową stawu ramiennego. Mięśnie ramienia przyłączone są do *większego i mniejszego guzka*, leżących w pobliżu nasady kości ramiennej. Pomiędzy nimi znajduje się *bruzda międzyguzkowa*, wzdłuż której przebiega ścięgno łączące kość ramienną z mięśniem dwugłowym (bicipsem). Kość ta łączy się też, w miejscu tzw. *guzowatości naramiennej*, z mięśniem naramiennym. Pozwala on na podnoszenie i opuszczanie ramienia.

Kości przedramienia łączą się z niższą nasadą kości ramiennej w czterech miejscach. Oto i one:

- ✓ **Główka:** wyrostek pozwalający na utworzenie stawu łączącego kość łokciową z kością ramienną.
- ✓ **Bloczek:** leżący obok główki wyrostek kości ramiennej, umożliwiający kontakt z nią *panewki bloczkowej* kości łokciowej.
- ✓ **Dół wyrostka dziobiastego:** wgłębienie w kości ramiennej, w którym mieści się *wyrostek dziobiasty* kości łokciowej w chwili zgięcia ręki w łokciu.

- ✓ **Dół wyrostka łokciowego:** wgłębienie w kości ramiennej, w którym mieści się *wyrostek łokciowy* kości łokciowej, gdy ręka jest wyprostowana.

W jaki sposób można zatem szybko określić położenie kości przedramienia? Aby łatwiej zrozumieć to, o czym piszę, wyprostuj rękę i skieruj dłoń przed siebie. Kość promieniowa to ta położona bliżej kciuka. Kiedy odwrócisz dłoń wnętrzem w stronę twarzy, kość ta skrzyżuje się z łokciową, aby jej dolna część mogła pozostać tam gdzie kciuk. Kość promieniowa jest krótsza, lecz grubsza od łokciowej. Jej nasada podobna jest do główki gwoźdźcia. Kość łokciowa jest natomiast długa i cienka, a jej nasada po przeciwnej stronie przypomina nasadę kości promieniowej.

Obie kości łączą się z nadgarstkiem, który składa się z małych kostek o nieregularnym kształcie noszących nazwę *kości nadgarstka*. Spajające je więzadła są twarde, ale duża liczba elementów sprawia, że mimo to nadgarstek zachowuje elastyczność. Wszystkich kości nadgarstka jest osiem: kość łódeczkowata, czworoboczna większa, czworoboczna mniejsza, grochowata, haczykowata, księżycowata, trójkątna i główkowata. Poza tym dłoń składa się także z pięciu *kości śródręcza* (widoczne po zaciśnięciu pięści kłykie to właśnie ich zakończenia), każdy z Twoich palców zbudowany jest zaś z trzech kostek zwanych *paliczkami*: *paliczka bliższego*, leżącego przy kłykcium, *paliczka środkowego* oraz *paliczka dalszego* znajdującego się przy końcu palca. Wyjątkiem jest kciuk posiadający wyłącznie dwa paliczki, przez co czasami nie jest on uważany za właściwy palec. Dlatego też przeciętny człowiek ma dziesięć palców lub osiem palców i dwa kciuki, zależnie od przyjętej terminologii.

Noga za nogą

Tvoja kończyna dolna składa się z *kości udowej*, *piszczeli* i *kości strzałkowej* (dwie ostatnie w goleni) oraz z kości stopy: *kości stępu*, *kości śródstopia* i *paliczków* (patrz rysunek 4.4.).



Słowo „paliczki” odnosi się zarówno do palców rąk, jak i do palców nóg.

Kość udowa jest najmocniejszą i najdłuższą kością ludzkiego ciała. Jej nasada łączy się z panewką stawu biodrowego. U kobiet panewki te są mniejsze, ale szerzej rozstawione niż u mężczyzn, co daje im szerszy zakres ruchów bioder. Kość udowa zaopatrzona jest też w *krętarz wielki* oraz *krętarz mały*, czyli dwa duże wyrostki stanowiące miejsce przyczepu mięśni nóg i pośladków i występujące wyłącznie w tej kości. W tylnej jej części ciągnie się natomiast *kresa chropawa*, również będąca miejscem przyczepu kilku mięśni.

Kość udowa łączy się z kośćmi goleni za pośrednictwem stawu kolanowego. Posiada ona dwa *kłykie* (*boczny* i *przyśrodkowy*) stykające się z piszczelą. W stawie kolanowym znajduje się rzepka, mająca styczność z dolną nasadą kości udowej oraz łącząca się za pomocą więzadeł z guzowatością kości piszczelowej. Po dalszej stronie dolnej nasady piszczeli znajduje się wcięcie strzałkowe stanowiące wewnętrzną część kostki.

Mocne stopy — dobra podstawa

Łuki znajdujące się w stopie pomagają amortyzować wstrząsy — gdy chodzisz lub biegasz — a także pozwalają równomierne rozłożyć Twój ciężar na kość piętową i skokową. Obie, wraz z kośćmi śródstopia, dźwigają większą jego część. Jeśli nadmierne obciążenie nadwyręży ścięgna i więzadła śródstopia, jego sklepienie może się zapaść, wywołując płaskostopie.

Osoba z tą wadą bardziej ryzykuje uszkodzenie kości śródstopia z racji zwiększonych obciążeń, którym są one poddawane. Uszkodzenia takie obejmują m.in. bolesne wybicie palucha i ostrogi piętowe. Płaskostopie zwiększa też prawdopodobieństwo wystąpienia bólów kolan, bioder i pleców.

Piszczel jest znacznie grubsza od kości strzałkowej i znajduje się po wewnętrznej (środkowej) stronie goleni. Choć kość strzałkowa jest delikatniejsza, ma taką samą długość. W jej dolnej nasadzie znajduje się *wycięcie strzałkowe*, które można wyczuć jako zgrubienie po wewnętrznej stronie kostki.

Twoje stopy są zbudowane podobnie jak dłonie. Kostka, przypominająca nieco nadgarstek, składa się z siedmiu kości stępu, ale tylko jedna z nich, *kość skokowa*, jest częścią stawu dającego stopie dużą swobodę ruchu. Kość ta styka się z piszczelą i kością strzałkową i umożliwia rotację stopy. Największą kością stępu jest *kość piętowa*, która, wraz ze skokową, pomaga w utrzymaniu ciężaru Twojego ciała.

Podeszwa stopy przypomina nieco wewnętrzną część dłoni. Końce kości śródstopia tworzą sklepienie stopy, pomagając w utrzymaniu ciężaru ciała. Kości stępu i śródstopia połączone są ze sobą więzadłami i mięśniami przyczepionymi do łuków stopy. Palce stóp, podobnie jak palce rąk, składają się z paliczków. Paluch przypomina kciuk tym, że tak jak on składa się tylko z dwóch. Pozostałe palce posiadają już po trzy paliczki: bliższy, środkowy i dalszy.

Zgięcie w stawach

W ludzkim ciele istnieje wiele różnych stawów, które dzieli się na grupy, za kryterium przyjmując zakres ruchu, na jaki pozwalają. W niniejszej części opowiemy o ich budowie oraz o umożliwianych przez nie ruchach.

Skaczące stawy

Prawdopodobnie wydaje Ci się, że wszystkie stawy przypominają swoją budową zawiasy, ale w rzeczywistości nazwą tą określamy każde połączenie poszczególnych kości. Owszem, niektóre stawy pozwalają na dużą swobodę



ruchu, ale niektóre tylko na ruch ograniczony, a jeszcze inne uniemożliwiają go całkowicie.

Łączenie kości nieruchomych

Niektóre kości połączone są w sposób uniemożliwiający ruch. Dobrym tego przykładem mogą być szwy stanowiące warstwę tkanki łącznej, wiążące poszczególne kości czaszki i nie pozwalające im na przemieszczanie się. Wśród szwów czaszkowych możemy znaleźć:

- ✓ **szew wieńcowy:** łączy kość ciemieniową i czołową;
- ✓ **szew węglowy:** łączy kość ciemieniową i potyliczną;
- ✓ **szew ciemieniowy:** łączy ze sobą obie kości ciemieniowe;
- ✓ **szew łuskowy:** łączy kość ciemieniową i skroniową.

Łączenie kości o ograniczonym stopniu swobody

Częściowo ruchome są stawy z tkanki chrzęstnej włóknistej lub szklistej (patrz rozdział 3.). Przykładem tego rodzaju połączenia mogą być kręgi kręgosłupa. Znajdujące się pomiędzy nimi krążki międzykręgowe łączą je, a także umożliwiają im ograniczone poruszanie się.

Łączenie kości swobodnie się poruszających

Ze słowem „staw” najbardziej kojarzą się nam połączenia pozwalające na poruszanie się stykających się ze sobą kości (tabela 4.3.). Stawy tego rodzaju otoczone są *torebką maziową*, w której znajduje się *maż stawowa*. Jej zadaniem jest ułatwianie ruchu poprzez smarowanie przylegających do siebie części oraz amortyzowanie wstrząsów mechanicznych.

Stawy tego rodzaju połączone są *więzadłami* utworzonymi z włóknistej tkanki łącznej. Do ich stabilizacji wykorzystuje się również ścięgna, które nie zaliczają się jednak do części stawów. Wewnątrz wspomnianych torebek maziowych znajdują się *kaletki maziowe*, czyli pęcherzyki wypełnione płynem zmniejszającym tarcie pomiędzy ścięgnami a więzadłami lub kośćmi. Staw kolanowy zawiera 13 kaletek. To, co nazywamy potocznie „łokciem tenisisty”, jest, technicznie rzecz biorąc, stanem zapalnym kaletki maziowej stawu łokciowego.

Do czego zdolne są stawy

Dane stawy posiadają zdolność do wykonywania określonych ruchów. Poniżej znajdziesz listę wszystkich możliwych zmian położenia kości połączonych stawem, które dzielą się na dwie główne grupy: ruchy kątowe oraz obrotowe.

Tabela 4.3. Rodzaje stawów maziowych

Rodzaj stawu	Opis	Swoboda ruchu	Przykład
Staw kulisty	Kulista głowa kości pierwszego stawu jest umiejscowiona w panewce drugiego	Ruchy okrężne, staw porusza się we wszystkich płaszczyznach, rotacje są możliwe	Ramię, biodro
Staw eliptyczny (kłykciowy)	Owalny wyrostek jednej kości styka się z powierzchnią wklęsłą drugiej	Ruchy w kilku płaszczyznach bez możliwości obrotu (rotacji)	Kłykcie (stawy śródręczno-paliczkowe)
Staw płaski	Połączenie płaskich lub lekko zakrzywionych powierzchni	Ruchy posuwisto-zwrotne w różnych płaszczyznach	Stawy pomiędzy kośćmi nadgarstka i kośćmi stępu (kostki)
Staw zawiasowy	Powierzchnia wklęsła łączy się z powierzchnią wypukłą	Ruchy zginania i prostowania	Kolano, łokieć
Staw obrotowy	Powierzchnia w kształcie walca jednej kości obraca się w stosunku do drugiej kości i więzadła	Rotacja w możliwym zakresie ruchu	Staw pomiędzy kością promieniową a kością łokciową na wysokości łokcia, a także atlas i obrotnik na szczycie kręgosłupa
Staw siodełkowaty	Każda z kości ma kształt siodełkowaty i styka się z wklęsłą częścią siodełka drugiej	Szeroki zakres ruchów	Staw śródręczno-nadgarstkowy kciuka

Ruchy kątowe polegają na ustawieniu dwóch lub więcej kości pod pewnym kątem względem siebie. Wyróżniamy tu:

- ✓ **Odwodzenie:** odsunięcie danej części od osi ciała, np. odwodzenie ramienia przy unoszeniu go w bok do poziomu (popularne „pajacyki”).
- ✓ **Przywodzenie:** przyciągnięcie danej części w stronę osi ciała, jak przy stawianiu na baczność.
- ✓ **Rozwieranie:** zwiększanie kąta pomiędzy dwoma częściami ciała. O nadrozwarciu mówimy, gdy miara tego kąta przekroczy 180°.
- ✓ **Zginanie:** zmniejszanie kąta zgięcia w stawie, np. przy zginaniu ręki zmniejszającym kąt pomiędzy przedramieniem a ramieniem.

Ruchy obrotowe możliwe są w przypadku stawów kulistych, takich jak np. staw biodrowy lub ramieniowy. Poniżej znajdziesz ich przykłady.

- ✓ **Rotacja:** ruch danej części ciała po okręgu.
- ✓ **Obniżenie:** przesunięcie części ciała w dół.

- ✓ **Podniesienie:** uniesienie części ciała, np. przy wzruszeniu ramionami.
- ✓ **Odwrócenie:** zmiana położenia stopy lub ramienia tak, że podeszwa lub wnętrze dłoni skierowane są do przodu.
- ✓ **Nawrócenie:** zmiana położenia stopy lub ramienia tak, że podeszwa lub wnętrze dłoni skierowane są do tyłu.
- ✓ **Obrót:** ruch głowy dookoła własnej osi, jak przy potrząsaniu oznaczającym „nie”.
- ✓ **Supinacja i pronacja:** odnoszą się do zakresu ruchów przedramienia. Supinacja oznacza obracanie go tak, aby dłoń była zwrócona do przodu powierzchnią wewnętrzną lub zewnętrzną. Pronacja to natomiast obrót przedramienia pozwalający na skierowanie dłoni w przód lub w tył.

Patofizjologia układu kostnego

Chociaż kości są niezwykle wytrzymałe, również i one mogą ulegać różnym kontuzjom i uszkodzeniom, a także, jak każda część ciała, podlegają procesom starzenia. W tym miejscu chciałabym przedstawić kilka najpopularniejszych zaburzeń funkcjonowania kości i stawów.

Czemu się krzywisz?

Nienaturalna krzywizna kręgosłupa może być zaburzeniem bardzo bolesnym i prowadzącym do wielu innych schorzeń. Zwiększenie zaokrąglenia odcinka lędźwiowego nosi nazwę *lordozy*. Podobne, nadmierne skrzywienie lędźwi obserwujemy u kobiet w ciąży, które w ten sposób równoważą wagę znacznie powiększonego brzucha. Krzywizna ta czasami utrzymuje się jednak i po porodzie, kiedy jego osłabione mięśnie nie pozwalają na przywrócenie właściwej postawy. Częste ich napinanie, na przykład przy wciąganiu brzucha, pozwala na zwiększenie ich siły i zapobieganie lordozie. Zrzucenie „piwnego brzuszka” jest również bardzo korzystne.

U starszych ludzi często pojawia się też nadmierne skrzywienie piersiowego odcinka kręgosłupa znane jako *kifoza*, a potocznie nazywane *garbem*. Zwykle przyczyną tego stanu jest postępująca osteoporoza lub po prostu osłabienie układu kostnego, przez co kręgi odcinka szyjnego i lędźwiowego ulegają ścśnięciu i napierają na odcinek piersiowy.

Być może pamiętasz, jak w szkole podstawowej na lekcji WF-u szkolny lekarz sprawdzał, czy przypadkiem nie cierpisz na *skoliozę*, czyli boczne skrzywienie kręgosłupa przejawiające się właśnie w okolicach dziesiątego roku życia (akurat wtedy, kiedy młodzi ludzie zaczynają być świadomi

swojego wyglądu). Obserwowany z tyłu lub z przodu kręgosłup zdrowej osoby jest prosty, a jego krzywizna widoczna jest jedynie w jego rzucie bocznym. W przypadku ludzi cierpiących na skoliozę oglądany z tyłu kręgosłup przypomina kształtem literę „S”.

Dna z dna?

Dna moczaniowa jest zaburzeniem metabolizmu atakującym stawy i wywołującym ich stan zapalny oraz bolesny obrzęk. Jej główną przyczyną jest odkładanie się w stawach kwasu moczowego (zwykle wydalanego z moczem). Nadmierny poziom tej substancji we krwi nosi nazwę *mocznicy*, ale jak na razie przyczyny tego zjawiska są nieznane. Być może wiąże się ono z nadmiernym wydzielaniem kwasu moczowego przez komórki bądź z niedoczynnością nerek nie wychwytyjących go z krwiobiegu. Niezależnie jednak od przyczyn, dna jest przypadłością bardzo nieprzyjemną.

Kwas moczowy, odkładając się w przestrzeni międzystawowej, ulega krystalizacji. Początkowo nie wywołuje to żadnych objawów, ale kiedy jego ilość przekroczy pewną wartość, rozpoczyna się bolesny obrzęk stawu. Po ustąpieniu pierwszego ataku kolejne mogą pojawić się po kilku miesiącach lub nawet latach. Nieleczona dna rozwija się, a dalsze gromadzenie się kryształów kwasu moczowego może doprowadzić do uszkodzenia chrząstek, torebek stawowych, ścięgien oraz miękkich tkanek, np. otaczających staw mięśni.

W późniejszych stadiach choroby pojawiają się żółte *guzki dnawe*, występujące zwykle w okolicy palucha stopy lub w pobliżu płata ucha, ale też na rękach, kolanach, przedramionach lub w okolicy ścięgna Achillesa. W swojej przewlekłej formie guzki te mogą zniekształcać staw, ograniczając tym samym zakres jego ruchów. Do powikłań dny należą takie zaburzenia jak kamica nerkowa, uszkodzenie nerwów oraz problemy z układem krążenia.



Dnę można leczyć za pomocą środków takich jak kolchicina, kortykosterydy czy allopuryinol. Bardzo pomocne jest również obniżenie masy ciała, picie dużej ilości wody i unikanie alkoholu.

Kłopoty z osteoporozą

Kiedy chodziłam jeszcze do szkoły średniej, pojechałam raz do siostry mojej babci. Co prawda wiedziałam, że nigdy nie była wysoka, ale po dłuższym okresie niewidzenia przeżyłam szok. Okazało się bowiem, że moja krewna się skurczyła! Byłam pewna, że straciła co najmniej kilkanaście centymetrów wzrostu. Dziś wiem, że prawdopodobnie było to wynikiem osteoporozy.

Osteoporoza jest chorobą polegającą na zaburzeniu równowagi pomiędzy eliminowaniem komórek kostnych (resorpcja kości) a tworzeniem nowych (formacja kości). Do jej przyczyn zaliczyć można:

- ✓ starzenie,
- ✓ alkoholizm,
- ✓ brak równowagi hormonalnej,
- ✓ kiepską dietę,
- ✓ długie korzystanie ze sterydów,
- ✓ artretyzm,
- ✓ siedzący tryb życia.

Mimo to choroba ta dotyka przede wszystkim kobiet po okresie menopauzy. Wynika to z faktu, że wytwarzają one wtedy mniej estrogeny chroniącego kości przed utratą wapnia. U ludzi cierpiących na osteoporozę wapń jest z kości usuwany, ale nie jest później wykorzystywany do tworzenia nowych osteocytów. Organizm pozbywa się komórek tkanki kostnej szybciej niż buduje nowe, osłabiając tym samym strukturę samych kości i spowalniając produkcję beleczek kostnych. Ta zmiana może zaś zwiększać prawdopodobieństwo złamania.

Pojawienie się drobnych pęknięć kręgow prowadzi do zwężenia przestrzeni międzykręgowych kręgosłupa, co zmienia jego krzywiznę. Efektem ubocznym tego skrzywienia jest utrata wzrostu, a także wysunięcie brzucha do przodu, w miarę jak organizm stara się ustalić na nowo optymalny środek ciężkości.



Osteoporoza jest chorobą właściwie nieuleczalną. Owszem, po jej zdiagnozowaniu można uśmierzyć ból i spowolnić dalsze osłabianie struktury kostnej, ale znacznie lepiej jest jednak jej zapobiegać za pomocą zrównoważonej diety bogatej w witaminę D, wapń i białko. Bardzo korzystne jest też wykonywanie ćwiczeń z obciążeniem, które sprzyjają tworzeniu nowych komórek tkanki kostnej (patrz ramka „Dlaczego podnoszenie ciężarów jest zdrowe”). Osteoporozie powinno się zapobiegać już we wczesnym wieku dojrzałym — dotyczy to zwłaszcza kobiet, w których rodzinie zdarzały się przypadki tej choroby.

Rozdział 5

Prężenie mięśni

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Przedstawimy poszczególne rodzaje tkanki mięśniowej.
 - ▶ Zginanie kontra rozciąganie.
 - ▶ Dowiesz się czegoś o mięśniach łączących części Twojego ciała.
 - ▶ Sprawimy, że kościec zacznie się poruszać.
-

Co by się stało, gdyby człowiek nie miał mięśni? Cóż, najprawdopodobniej wyglądałby jak bezkształtna masa narządów. Jego kości nie mogłyby się poruszać, a jego narządy wewnętrzne nie mogłyby działać. Poza tym właściwie nie mógłby żyć, gdyż nie posiadałby również pompującego krew mięśnia znanego jako serce. Mięśnie są niezwykle ważną częścią naszego ciała, a ich skuteczna praca umożliwia funkcjonowanie pozostałych narządów. W niniejszym rozdziale znajdziesz informacje na temat wielu różnych rodzajów mięśni, ich położenia w ciele, mechanizmu ich napinania, a także możliwych problemów z ich działaniem.

Ile można wycisnąć z mięśni?

Zapewne zdarzyło Ci się widzieć mięśniaków często przesiadujących w siłowniach, poświęcających czas na dźwiganie ciężarów, ubranych w obcisłe bezrękawniki i noszących złote łańcuchy czy świecących złotymi zębami. W tym rozdziale nie będziemy się nimi zajmować. Będziemy mówić o czymś znacznie ważniejszym, a mianowicie o Twojej zdolności do poruszania się. Pewnie, chwalenie się napiętymi mięśniami przed innymi może być przyjemne, ale niektórzy czerpią wystarczająco dużą przyjemność ze zdolności ich napinania przy chodzeniu czy wykonywaniu innych czynności. Mięśnie pozwalają bowiem na wiele różnych działań:

- ✓ **Dzięki mięśniom możesz stać prosto.** Grawitacja na Ziemi jest dość silna, więc gdyby nie napięcie mięśni, wgniotłaby Cię w podłogę. Pozwala nam ono się jej przeciwstawiać. Miara tego, jak dużemu ciężarowi mogą przeciwstawić się Twoje napięte mięśnie, nosi nazwę siły.



- ✓ **Mięśnie umożliwiają poruszanie się.** To, że mięśnie pozwalają Ci na chodzenie czy bieganie, wydaje się rzeczą oczywistą, ale zmiana ich napięcia umożliwia też przyjmowanie różnych pozycji. Czy możesz sobie wyobrazić, że poruszasz się sztywno jak Blaszący Drwal z książki *Czarnoksiężnik z krainy Oz*? Mięśnie pozwalają na bardzo szeroki zakres ruchów, począwszy od drobnych, takich jak mruganie powieką, rozszerzanie źrenicy czy uśmiechanie się.
- ✓ **Mięśnie pozwalają trawić i usuwać produkty przemiany materii.** Narządy układu pokarmowego są otoczone mięśniami umożliwiającymi przesuwanie trawionego pokarmu przez przełyk, żołądek i jelita oraz wydalenie go na zewnątrz. Ich skurcze noszą nazwę *ruchów perystaltycznych*. Zaciśnięty zwieracz utrzymuje mocz w pęcherzu i kał w odbytnicy do chwili, w której zdecydujesz się na ich wydalenie. Kiedy rozluźnisz mięśnie, Twój organizm będzie w stanie usunąć je na zewnątrz.
- ✓ **Mięśnie wpływają na przepływ krwi.** Naczynia krwionośne, takie jak żyły i tętnice, pokryte są tkanką mięśniową umożliwiającą im zwężanie się (zwalniając przepływ krwi) lub rozszerzanie (przyspieszając przepływ). Skurcze mięśni w innych partiach ciała również są odpowiedzialne za przepływ krwi przez żyły do serca, które pompuje ją do tętnic.
- ✓ **Mięśnie scalają Twój kościec.** Węzadła i ścięgna łączą poszczególne kości ze sobą, wzmacniając konstrukcję szkieletu.
- ✓ **Mięśnie pomagają w utrzymaniu temperatury.** Skurcze mięśni są procesem fizjologicznym, który, jak większość takich procesów, stanowi reakcję chemiczną. W czasie skurczu wydzielana jest energia pozwalająca utrzymać temperaturę ciała (przez cały czas tracimy nieco ciepła, wydzielając je przez skórę). Kiedy jest nam zimno, zaczynamy drzeć. Jest to spowodowane szybkimi skurczami mięśni mającymi wytworzyć energię cieplną. Zwróć uwagę na to, że kiedy jeździsz na nartach w mroźny dzień, możesz się spocić, podczas gdy siedząc w ciepłym mieszkaniu, możesz poczuć chłód. Tak więc staraj się ruszać jak najczęściej!

Różne rodzaje tkanek



Istnieją trzy podstawowe rodzaje tkanek, niezbędne dla procesów życiowych: *sercowa, gładka i poprzecznie prążkowana*.

- ✓ **Tkanka mięśnia sercowego:** Zbudowane jest z niej serce. Włókna tej tkanki są silnie rozgałęzione, prążkowane, zawierają jedno jądro i mają przekrój cylindryczny. Splatają się one ze sobą, co umożliwia jednolite skurcze całego narządu. Pomiędzy skurczami mięśnie rozluźniają się całkowicie, aby nie doprowadzić do przemęczenia. Na szczęście skurcze

serca są całkowicie niezależne od naszej woli, co oznacza, że nie musimy być nawet świadomi jego bicia. Cykl jego działania opisany został szerzej w rozdziale 9.

- ✓ **Tkanka mięśniowa gładka:** Występuje w ścianach narządów wewnętrznych mających w środku pustą przestrzeń (np. w żołądku, pęcherzu, jelitach i płucach). Jej komórki również posiadają jedno jądro, przyjmują kształt wrzecionowaty i ułożone są w linie równoległe. Dzięki swojemu kształtowi mogą one tworzyć płaty tkanki mięśniowej. Skurcze mięśni gładkich są niezależne od naszej woli, dzięki czemu nie musimy skupiać się na przesuwaniu pokarmu wzdłuż przewodu pokarmowego. Kurczą się one powoli (dlatego nie ulegają szybkiemu zmęczeniu) i mogą trwać w tym stanie dłużej niż mięśnie poprzecznie prążkowane. Odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu układu pokarmowego.
- ✓ **Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana:** Kiedy słyszymy o mięśniach, zwykle wyobrażamy sobie właśnie mięśnie poprzecznie prążkowane, czyli np. napięty biceps, płaski mięsień grzbietu czy twarde łydki. Mięśnie te, zwane też szkieletowymi, scalają kości i umożliwiają poruszanie się. Ich włókna posiadają wiele jąder i cechują się prążkowaniem. Ich cylindryczny przekrój pozwala im ciągnąć się przez cały odcinek mięśnia i osiągać znaczną długość. Dalsza część tego rozdziału zostanie poświęcona głównie temu rodzajowi mięśni.



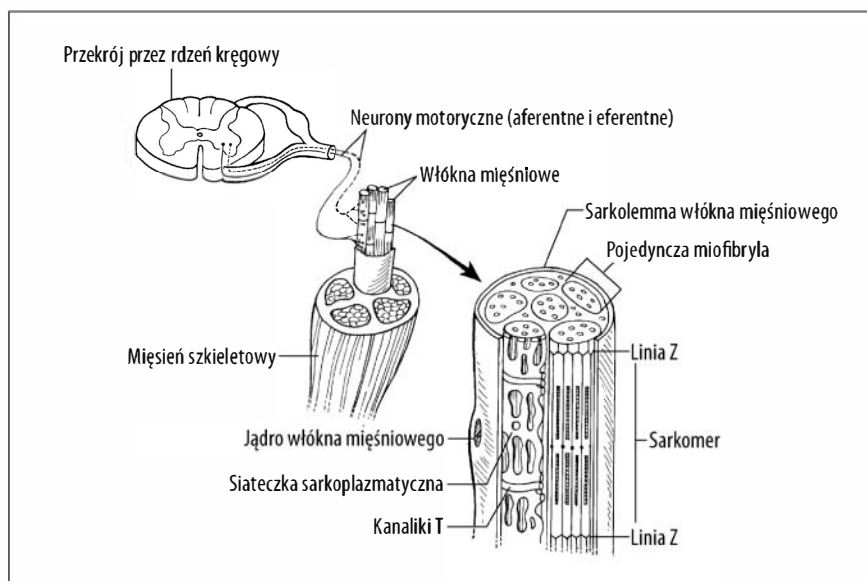
Mięso zwierzęce jest dobrym przykładem włókien biegnących przez całą długość mięśnia. Jak by na to nie patrzeć, mięso to nic innego, jak tkanka mięśniowa.

Skurcze mięśni poprzecznie prążkowanych

Układ mięśniowy kontrolowany jest przez układ nerwowy (patrz rozdział 7.). Czasami nasze reakcje są mimowolne, jak cofnięcie kończyny po dotknięciu czegoś ostrego lub gorącego (także w rozdziale 7. opisane zostało działanie łuków odruchowych). W innych przypadkach możemy mięśnie kontrolować, np. w sytuacji, gdy grając w tenisa, decydujemy się podbiec do siatki i ściąć piłkę, aby zdobyć punkt. To właśnie mięśnie są odpowiedzialne za dobiegnięcie do siatki i wyprowadzenie odpowiedniego uderzenia. Rysunek 5.1. pokazuje połączenie między układem mięśniowym i nerwowym, a także mechanizm skurczu mięśnia.

Rysunek 5.1.

Budowa mięśnia poprzecznie prążkowanego. Połączenie między mięśniem a układem nerwowym (z lewej) oraz przekrój przez włókno mięśniowe (z prawej)



Skurcze mięśni wymagają współdziałania kilku elementów. Na szczęście na co dzień nie trzeba się o to martwić, gdyż cały proces przebiega całkowicie automatycznie. W następnych dwóch sekcjach przedstawię wszystkie te elementy oraz wyjaśnię ich funkcje i sposoby ich współpracy.

Elementy odpowiedzialne za skurcz

Aby doszło do skurczu mięśnia, potrzebne są dwa zasadnicze elementy: włókno mięśniowe i ATP (*adenozynotrójfosforan*, patrz też rozdział 3.), czyli związek chemiczny nadający mięśniowi konieczną do tego energię. Przyjrzyjmy im się teraz bliżej.

Napinanie mięśni

Mięśnie składają się z włókien (patrz rozdział 5.1.). Możesz je sobie wyobrazić jako długie, cienkie pasma złożone z miofibryli, przypominających cieniutkie nitki. Miofibryle są ułożone równolegle, dzięki czemu mięsień odznacza się wyraźną prążkowaną strukturą, każda z nich składa się zaś z jeszcze mniejszych *filamentów cienkich* oraz *filamentów grubych*.

- ✓ **Filamenty cienkie** miofibryli zawierają dwie nici *aktyny*, białka mającego kształt podwójnej helisy (przypominającego DNA). Towarzyszą jej też cząsteczki *troponiny* i *tropomiozyny*.
- ✓ **Filamenty grube** zawierają białko zwane *miozyną*. Nici miozynowe posiadają na końcach kuliste ciało, a kierunek ich przebiegu w filamentach



grubych jest zmienny. Grubą nić łatwo jest zidentyfikować właśnie na podstawie obecności wspomnianych kulistych zgrubień na obu jej końcach.

Pojedyncza jednostka układu prążkowanego, nosząca nazwę *sarkomeru*, składa się z części ciemniejszej, otoczonej z obu stron o połowę mniejszymi fragmentami o jaśniejszej barwie. Miofibryle zbudowane są z ułożonych w jednym rzędzie sarkomerów.



Filamenty aktynowe i miozynowe ustawiają się w miofibryli tak równo, jak żołnierze podczas musztry. Te pierwsze łączą się z zewnętrzną krawędzią jasnego prążka, noszącego nazwę *linii Z*. Po nich występują ciemne filamenty miozynowe, nie łączące się z nią. Układ taki można porównać do konstrukcji płotu. Linie Z stanowią w tym przypadku odpowiednik słupków (pionowych), które połączone są za pomocą poziomych belek (filamentów aktynowych). Filamenty nie są jednak ciągłe, lecz posiadają w środku przerwę zwaną *strefą H*. Filamenty miozynowe znajdują się pomiędzy filamentami aktynowymi i wydają się „pływać”, gdyż nie są bezpośrednio połączone z liniami Z. Ten układ następujących po sobie jasnych i ciemnych prążków występuje na całej długości miofibryli. Jeden *sarkomer* (jednostka skurczu) biegnie od zewnętrznej krawędzi jasnego prążka (linii Z) do zewnętrznej krawędzi następnego jasnego prążka (drugiej linii Z). Innymi słowy, dwie kolejne linie Z wyznaczają granice pojedynczego sarkomeru.



Duża ilość różnych białek w mięśniach sprawia, że mięso jest bardzo bogatym źródłem białka zwierzęcego.

Energia dla mięśni: ATP



Komórki przetwarzają energię z pożywienia w ATP, czyli komórkową „walutę” (więcej na ten temat w rozdziale 3.). Prawie żadne komórki Twojego ciała (*jedyny* wyjątek stanowią komórki nerwowe) nie potrafią wykorzystywać glukozy bezpośrednio (w rozdziałach 2. i 3. znajdziesz więcej informacji na jej temat), ale muszą przekształcać ją w inną, bardziej przystępną formę energii, czyli właśnie ATP. Wytworzony adenozyotrójfosforan używany jest do wspomagania reakcji chemicznych związanych z metabolizmem komórek.

ATP jest także konieczne do zapoczątkowania reakcji skurczu. Włókna mięśniowe zawierają go wystarczająco dużo, aby podtrzymywać skurcz przez jedną sekundę. Jeśli zatem chcesz przedłużyć tę reakcję, musisz zadbać o dostarczenie ATP do mięśni. Być może jeszcze tego nie wiesz, ale część z nich jest napięta przez cały czas, a stan całkowitego rozluźnienia jest w ich przypadku mitem. Nie zapominaj też, że Twoje serce także jest mięśniem i potrzebuje stałego dopływu ATP.

Kiedy zużyjesz cały zapas tlenu, Twoje ciało straci możliwość tworzenia ATP na drodze tlenowego oddychania komórkowego (jak to ma miejsce w większości przypadków, patrz rozdział 2.), ale nie zmieni to faktu, że wciąż będziesz go potrzebował. W takiej sytuacji organizm wykorzysta inny mechanizm oddychania, w którym ATP produkowane jest z kwasu mlekowego.

Kwas mlekowy jest wytwarzany w czasie oddychania beztlenowego (patrz rozdział 2.), ale mięśnie nie są w stanie wykorzystać tego związku bezpośrednio. Energia potrzebna do ich skurczu gromadzona jest w cząsteczkach *fosfokreatyny*, złożonych z ATP i *kreatyny*, tworzących się w chwili spoczynku mięśnia. Mówiąc „spoczynek”, mam na myśli krótkie okresy pomiędzy jego skurczami, a nie długi czas, w którym mięsień jest beczynny.

Fosfokreatyna ulega szybkiemu rozkładowi, uwalniając potrzebne ATP. Organizm jest jednak sprytny i potrafi wykorzystać także powstające w czasie skurczu dwie cząsteczki ADP (*adenozynodwufosforanu*), z których tworzy dodatkową molekułę ATP. Pozostała grupa fosforanowa zużyta zostaje do wytworzenia jednej cząsteczki *adenozynomonofosforanu* (AMP). Kiedy ilość ATP w komórce wzrasta, zapoczątkowany zostaje proces *glikolizy* (patrz rozdział 2.), w którym powstaje go więcej. Innymi słowy, Twój organizm robi, co tylko jest w jego mocy, aby zapewnić dopływ energii do Twoich komórek.

Do dzieła!

Ślizgowa teoria skurczu opisuje działanie mięśnia. Zastanawiasz się, dlaczego mówi ona coś o ślizganiu? Bardzo dobrze, ciekawość to pierwszy stopień do wiedzy.



W czasie skurczu mięśnia ATP wiąże się z jednym z kulistych zakończeń filamentu miozynowego, po czym rozpada się na ADP i cząsteczkę nieorganicznego fosforu (Pi). Zarówno ADP, jak i Pi pozostają związane z filamentem miozynowym.

Pamiętasz może cząsteczki troponiny i tropomiozyny, o których wspominałam wyżej? Nie występują one w mięśniach bez przyczyny. Jony wapnia wiążące się z troponiną wypierają tropomiozynę, odsłaniając tym samym miejsca wiązań na filamentach aktynowych.



Jon to atom (lub grupa atomów) posiadający ładunek elektryczny i powstający po utracie lub uzyskaniu elektronów. Ich utrata nadaje jonowi ładunek dodatni, tymczasem ich przyłączenie skutkuje ładunkiem ujemnym (patrz rozdział 2.).

Ostatni skurcz

Wszystkie zwierzęta, nie wyłączając człowieka, kiedyś umierają. Ciało martwej istoty staje się zimne i sztywne. Wiesz, dlaczego tak się dzieje? Otóż po ustaniu funkcji życiowych komórki nie wytwarzają ATP. Płuca przestają przyjmować tlen z powietrza, serce nie pompuje krwi, a mózg nie wysyła już sygnałów. Bez tlenu, składników odżywczych czy bodźców z mózgu komórki zatrzymują swoje reakcje metaboliczne. Zaprzestanie produkcji ATP sprawia, że pozbawione go miofibryle nie są w stanie ulegać skurczom. Z tego samego powodu nie może również dojść

do ostatniej fazy skurczu, czyli rozluźnienia mięśnia. Aby to nastąpiło, ATP musi bowiem połączyć się z miozyną i zlikwidować jej mostkowe połączenie z aktyną. Kiedy jednak jego brak uniemożliwia przeprowadzenie powyższego procesu, mięśnie zastygają w ostatnim skurczu, znanym szerzej pod nazwą stężenia pośmiertnego. Dlaczego zaś martwe ciała są zimne? Otóż, jak pewnie pamiętasz, mięśnie wydzielają ciepło, a więc kiedy ustaje ich naturalna reakcja fizjologiczna, a także zatrzymany zostaje dopływ ciepłej krwi, temperatura ciała zaczyna spadać.

Po odsłonięciu miejsc wiązania aktyny, miozyna może się z nią połączyć, choć musi zrobić coś, dzięki czemu będzie w stanie to połączenie „utrzymać”. Musi zatem uwolnić ADP i Pi uzyskane z rozpadu ATP.



Po uwolnieniu ADP i Pi kulisty koniec filamentu miozynowego ulega zmianie. Powoduje ona „ześlizgnięcie się” w stronę środka sarkomeru, i ściągnięcie do siebie linii Z, co z kolei wywołuje zaniknięcie strefy H. W wyniku tego całe włókno mięśniowe ulega skurczowi.

Po przyłączeniu kolejnej molekuly ATP do końca cząsteczki miozyny most łączący ją z aktyną zanika, a cały proces zaczyna się od nowa. Co ciekawe, jest to zmiana tak szybka, że podczas czytania ostatnich dwóch stron niektóre z Twoich mięśni mogły skurczyć się kilkaset razy.



Nigdy nie należy zapominać o dostarczaniu do organizmu właściwej ilości wapnia, gdyż jony tego pierwiastka są niezbędne do prawidłowego działania mięśni. Dlatego pij mleko, jedz szpinak i od czasu do czasu popijaj jogurt. Taka dieta naprawdę pomoże zwiększyć Twoją siłę.

Przerwa w działaniu

Kiedy się poruszasz, Twoje mięśnie kurczą się, ulegając skróceniu (patrz „Energia dla mięśni: ATP” wcześniej w tym rozdziale). Tego rodzaju zmiany w nich noszą nazwę *skurczu izotonicznego*. Czasami jednak skurczowi mięśni nie towarzyszy ruch żadnej części ciała. Kiedy zwisasz z drążka na sali gimnastycznej, Twój biceps napina się, ale mimo to Twoje ramię nie zmienia swojego położenia. Taki rodzaj napięcia nazywamy *skurczem izometrycznym*. Jest nim też np. napięcie mięśnia pośladkowego wielkiego, kiedy siadasz do lektury niniejszej książki.



Hipertrofia lepsza niż atrofia!

Z pewnością wiele razy zdarzyło Ci się słyszeć, jak korzystne dla Twojego organizmu są ćwiczenia fizyczne. Zapewne znasz też powiedzenie, że „kto nie idzie naprzód, ten się cofa”. Kiedy budujesz swoją tkankę mięśniową, nie tylko rozwijasz mięśnie, ale także zdobywasz okazję do zużycia energii zawartej w tkance lipidowej. Przyspieszony (z racji zwiększenia liczby miofibrili) metabolizm zmniejsza ilość jej komórek. Ćwiczenia aerobowe pozwalają więc rozbudować mięśnie i spalić nadmiar tłuszczu.

Jeżeli jednak zmuszasz mięśnie do gwałtownych i długich skurczów, jak np. przy podnoszeniu ciężarów, to wzrost ilości komórek (a zatem także tempo metabolizmu) ulega jeszcze większemu przyspieszeniu. Doprowadzając mięśnie przez kilka minut i kilka razy w tygodniu do skurczów, w których uzyskują one poniżej 75% swojej objętości spoczynkowej (co mniej więcej odpowiada obciążeniu na tyle dużemu, by zmęczyć Cię po dwóch, trzech powtórzeniach ćwiczenia), możesz doświadczyć *hipertrofii*, czyli wzrostu masy mięśniowej zwiększającego siłę i szybkość metabolizmu (drogie Panie, nie powinniście obawiać się takich ćwiczeń, gdyż hormony kobiece poważnie utrudniają uzyskanie masywnych bicepsów, o czym więcej w rozdziale 8.).

Jeżeli prowadzisz siedzący tryb życia i tylko sporadycznie napinasz mięśnie, możesz doświadczyć ich *atrofii (zaniku)*, czyli stanu, w którym objętość włókien mięśniowych zmniejsza się, osłabiając przy tym ogólną siłę mięśni i zdolność metaboliczną tej tkanki. Prawdopodobnie dobrze wiesz, o czym mówię, jeśli zdarzyło Ci się nosić gips na rękę lub nogę. Na szczęście ćwiczenia polegające na napinaniu mięśni po-

magają odbudować utraconą siłę. Mają one też inne zalety:

- ✓ zmniejszają prawdopodobieństwo wystąpienia raka piersi, macicy, jej szyjki, jajników oraz odczynu;
- ✓ zmniejszają prawdopodobieństwo zawału serca;
- ✓ poprawiają poziom cholesterolu;
- ✓ ograniczają zmęczenie i depresję;
- ✓ zmniejszają obrzęk i ból stawów;
- ✓ pomagają utrzymać właściwą wagę, obniżając prawdopodobieństwo zachorowania na cukrzycę typu II;
- ✓ zapobiegają osteoporozie.

Ćwiczenia mogą być bardzo przyjemne. Jeżeli nie lubisz spędzać zbyt wiele czasu w sali gimnastycznej, możesz je praktykować na świeżym powietrzu, np.: chodzić na spacer, biegać, uprawiać jogging, jeździć rowerem, grać w tenisa, piłkę nożną lub koszykówkę, pływać albo jeździć na nartach. Jeżeli lubisz ćwiczyć w towarzystwie, dołącz do grupy ludzi czynnie uprawiających jakieś sportowe hobby. Zapisz się do klubu tenisowego. Zaczynaj tańczyć. Kup psa i zbierz grupę ludzi spacerujących wspólnie ze swoimi zwierzętami. Rób wszystko, by rozwijać mięśnie i poprawiać funkcjonowanie całego ciała. Możesz to robić w wolnym czasie, aby odprężyć się i zredukować poziom stresu. Jeżeli nie masz nic przeciwko ćwiczeniom na sali, idź na aerobik, wykonuj ćwiczenia w domu, oglądając filmy instruktażowe, lub ćwicz jogę. Próbuj różnych działań i sportów, dopóki nie trafisz na coś, co szczególnie przypadnie Ci do gustu. Trafny wybór pomoże Ci cieszyć się lepszym zdrowiem przez bardzo długi czas.



Skąd się bierze tonus mięśnia

Niezależnie od tego, co robisz, część Twoich włókien mięśniowych pozostaje zawsze napięta. To lekkie napięcie mięśni szkieletowych nosi nazwę *tonusu*. Bez niego Twoje ciało momentalnie wyładowałoby na podłodzi. Naprawdę. Gdyby część Twoich mięśni nie pracowała w danej chwili, ciało błyskawicznie mogłoby „złożyć się” pod własnym ciężarem. Aby zapobiec tej nieprzyjemnej sytuacji, niektóre z włókien mięśniowych pozostają nieustannie aktywne, umożliwiając Ci zachowanie stosownej postawy. Dzięki temu jesteś w stanie stać prosto, z podniesioną głową, wciągniętym brzuchem i ściągniętymi łopatkami.

Aby zachować napięcie, Twoje mięśnie korzystają z receptorów, czyli specjalnych włókien nerwowych połączonych bezpośrednio z włóknami mięśniowymi. Centralny układ nerwowy (mózg i rdzeń kręgowy) kontaktuje się za pomocą receptorów z Twoimi mięśniami szkieletowymi, a one wysyłają do niego informacje o pozycji Twojego ciała. Dane te przetwarzane są następnie przez mózg, który ocenia, czy konieczna jest jakaś zmiana. Jeżeli tak, za pośrednictwem rdzenia kręgowego wysyła on do mięśni sygnały, które mają odpowiednio zmienić ich napięcie.

Grupy mięśni

Słowa takie jak „unerwione”, „synergiczne” i „antagonistyczne” kojarzą się raczej z psychologią lub inżynierią niż anatomią, ale odnoszą się one do specyficznych grup mięśni. Wszystkie mięśnie można określić mianem unerwionych, gdyż część ich włókien łączy się z nerwami, które wysyłają impulsy pobudzające skurcze. Niektóre mięśnie działają wspólnie z innymi (synergicznie), inne zaś mają działanie przeciwne do nich (antagonistyczne). W kolejnej części tego rozdziału opiszę obie te grupy, a także wyjaśnię, dlaczego należy pracować nad wzmocnieniem swojej muskulatury.

Praca z synergikami

Słowo „synergia” jest dziś nadużywane w świecie biznesu. W mojej książce telefonicznej znalazłam całą stronę poświęconą firmom zawierającym je w nazwie. Jest wśród nich Synergy Brokerage, Synergy Films, Synergy Outdoors, Synergypaintball Enterprises (sic!) czy też Synergy Worldwide. Co prawda, sama nazwałam swoją firmę Synergy Publishing Services, ale przynajmniej zrobiłam to na długo przed tym, jak słowo to zyskało popularność! W rzeczywistości jednak *synergia* jest terminem medycznym oznaczającym wspólną pracę. A, jak zapewne dobrze wiesz, część narządów ludzkiego organizmu współpracuje z innymi, aby osiągnąć wspólny cel.



Niektóre części ciała poruszane są przez całe grupy współpracujących ze sobą mięśni. W takiej sytuacji mówimy o działaniu synergicznym. Mięsień wykonujący większość pracy nosi nazwę *głównego mięśnia motorycznego*, podczas gdy mięśnie pomagające mu w niej nazywa się *mięśniami synergicznymi*.

Konflikt interesów: antagoniści

Mięśnie antagonistyczne względem siebie mają działanie przeciwne, ale osiągają one w ten sposób zamierzony efekt. Przykładowo, kiedy zginasz przedramię, Twój biceps się kurczy, ale towarzyszy temu rozluźnianie się tricepsa, znajdującego się po przeciwnej stronie ramienia. Działanie tych dwóch mięśni jest generalnie przeciwstawne, ale do zginania ręki potrzebne są oba. Kiedy ją prostujesz, działają one odwrotnie: biceps ulega rozluźnieniu, zaś triceps zaczyna się kurczyć.

Umiejscawianie mięśni szkieletowych w ciele

Dobrze. Teraz już wiesz, że mięśnie pozwalające na poruszanie się i utrzymanie szkieletu w całości stanowią około połowy Twojego układu kostno-mięśniowego. Układ ten jest „skorupą” lub „karoserią” Twojego ciała, zawierającą w swoim wnętrzu wszystkie narządy, nerwy i naczynia krwionośne. Poniżej postaram się przedstawić przede wszystkim układ kostny oraz wyjaśnić, jak nazywają się poszczególne mięśnie.

Jak zrozumieć mięsień?

Anatomowie stworzyli cały system terminów służących do opisu poszczególnych mięśni, aby każda nazwa była przejrzysta i mówiła jak najwięcej o charakterze danego mięśnia. Pochodzi ona najczęściej od funkcji, jaką pełni on w organizmie. Przykładowe cechy brane pod uwagę przez anatomów znajdziesz w tabeli 5.1.



Wiele określeń używanych w anatomii i fizjologii wywodzi się z łaciny i greki, przez co ich analizowanie i rozkładanie na części może rozwinąć Twoją wiedzę. Na pewno pamiętasz już, że *bi-* oznacza „dwa”, *tri-* oznacza trzy, a *max-* znaczy „największy”. Co prawda w terminologii polskiej dominują terminy rodzime, ale poszerzając wiedzę na temat budowy ludzkiego ciała, będziesz spotykać się z coraz większą ilością terminów pochodzenia obcego. Uwierz mi. Wiem, co mówię, po tym jak musiałam się zmagać ze *zginaczem długa palców* czy *mięśniem skośnym zewnętrznym brzucha*.

Tabela 5.1. Cechy wpływające na nazwy mięśni

Cechy	Przykłady
Wielkość mięśnia	Największy mięsień pośladków nosi nazwę <i>mięśnia pośladkowego wielkiego</i> , zaś mniejszy mięsień umieszczony w tym rejonie nazywamy <i>mięśniem pośladkowym mniejszym</i> .
Położenie mięśnia	<i>Mięsień potyliczno-czołowy</i> znajduje się w przedniej części głowy.
Kształt mięśnia	<i>Mięsień czworoboczny grzbietu</i> ma kształt czworoboku.
Działanie mięśnia	<i>Prostownik palca</i> jest mięśniem odpowiadającym za prostowanie palców.
Liczba przyczepów mięśni	<i>Biceps</i> (<i>mięsień dwugłowy ramienia</i>) łączy się z kością w dwóch miejscach, zaś <i>triceps</i> (<i>mięsień trójęglowy ramienia</i>) — w trzech.
Kierunek włókien mięśniowych	<i>Mięsień prosty brzucha</i> biegnie pionowo wzdłuż brzucha.

Nazwy mięśni, od góry do dołu

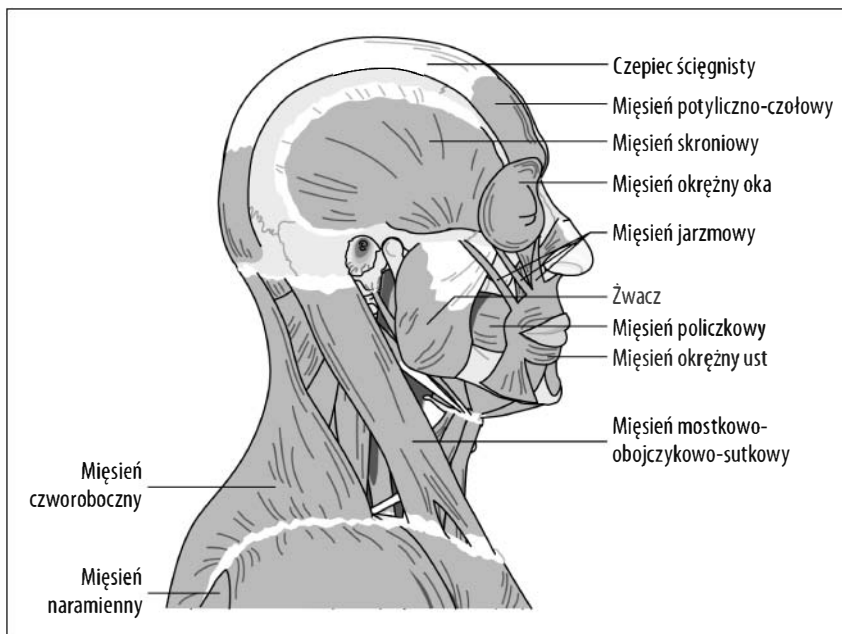
Poniżej postaram się przedstawić nazwy poszczególnych mięśni. Zgodnie z tytułem, posuwać się będę od czubka głowy do stóp (tak, nawet palce stóp posiadają własne mięśnie).

Patrząc od góry

Twoja głowa posiada mięśnie odpowiedzialne za trzy podstawowe funkcje: przeżuwanie, mimikę oraz ruchy szyi. Nie jestem jednak pewna, czy do powyższych kategorii da się zaliczyć np. poruszanie uchem.

Przeżuwanie umożliwiają mięśnie żuchwy, z których największym i najważniejszym jest *żwacz*, biegnący od łuku jarzmowego do żuchwy. Jak nietrudno się domyślić, jego nazwa pochodzi od funkcji, którą pełni. Jego mięśniem synergicznym jest posiadający wachlarzowaty kształt *mięsień skroniowy*, pomagający w otwieraniu i zamykaniu szczęki. Jego nazwa pochodzi od położenia, gdyż przebiega on nad kością skroniową. Na rysunku 5.2. możesz zobaczyć, jaka jest lokalizacja poszczególnych mięśni głowy i szyi.

Aby się uśmiechnąć, wykrzywić czy zmarszczyć brwi, musisz wykorzystać kilka mięśni. *Mięsień potyliczno-czołowy* (patrz rysunek 5.2.) oraz niewielki *mięsień marszczący brwi* zmieniają położenie i kąt ustawienia brwi, co umożliwia wyrażanie różnych uczuć. *Mięsień okrężny oka* otacza oko, umożliwiając zamykanie i otwieranie powiek, a także jest odpowiedzialny za „kurze łapki” pojawiające się w kącikach oczu. *Mięsień okrężny ust* otacza usta i zwykle napinamy go, gdy chcemy kogoś pocałować.



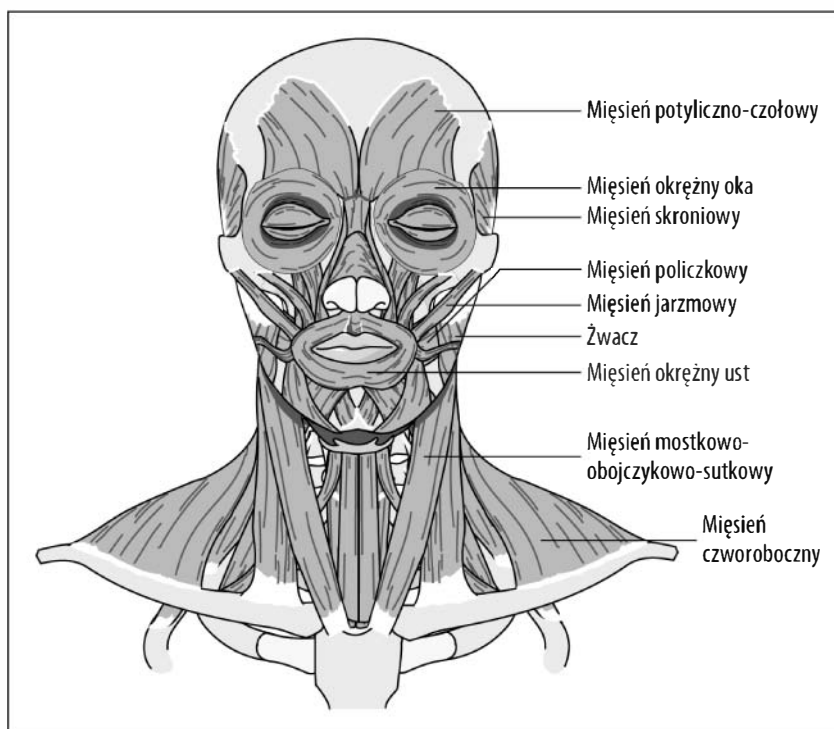
Rysunek 5.2.
Mięśnie
głowy i szyi

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Jeżeli grasz na trąbce lub podobnym instrumencie dętym, na pewno wiesz, na czym polega działanie *mięśnia policzkowego*. Pomaga on przytrzymać pożywienie pomiędzy policzkiem a zębami, a także umożliwia Ci gwizdanie. Czy pamiętasz jeszcze, że łuk jarzmowy znany jest też pod potoczną nazwą kości policzkowej? Biegają od niej rozgałęzione *mięśnie jarzmowe*, łączące się z kącikami ust i umożliwiające uśmiech. Na rysunku 5.3. znajdziesz też inne mięśnie ludzkiej twarzy.

Kiedy chcesz pokiwać głową, potwierdzając coś, zaprzeczając lub wyrażając wahanie, musisz skorzystać z mięśni szyi. Należą do nich dwa *mięśnie mostkowo-obończykowo-sutkowe* umieszczone symetrycznie po jej obu stronach. Ta długa nazwa doskonale oddaje ich położenie, gdyż przyczepione są do mostka, obojczyków i wyrostków sutkowatych kości skroniowej. Ich skurcz pozwala na skierowanie głowy w dół i zgięcie szyi. Napięcie tylko jednego z nich sprawia, że obracamy głowę na boki (w stronę przeciwną niż ta, po której znajduje się napięty mięsień). Jeżeli chcesz odchylić głowę, popatrzeć w niebo lub wzruszyć ramionami, musisz natomiast napiąć *mięsień czworoboczny*.

Mięsień czworoboczny jest antagonistą mięśnia mostkowo-obończykowo-sutkowego. Jak sama nazwa wskazuje, ma on kształt zbliżony do rombu. Biegnie od podstawy czaszki do kręgu leżącego w pobliżu gardła i dodatkowo łączy się z łopatkami. Jak zatem widać, oba wspomniane mięśnie łączą Twoją głowę z tułowiem, do omówienia którego przejdziemy za chwilę.



Rysunek 5.3.
Mięśnie twarzy

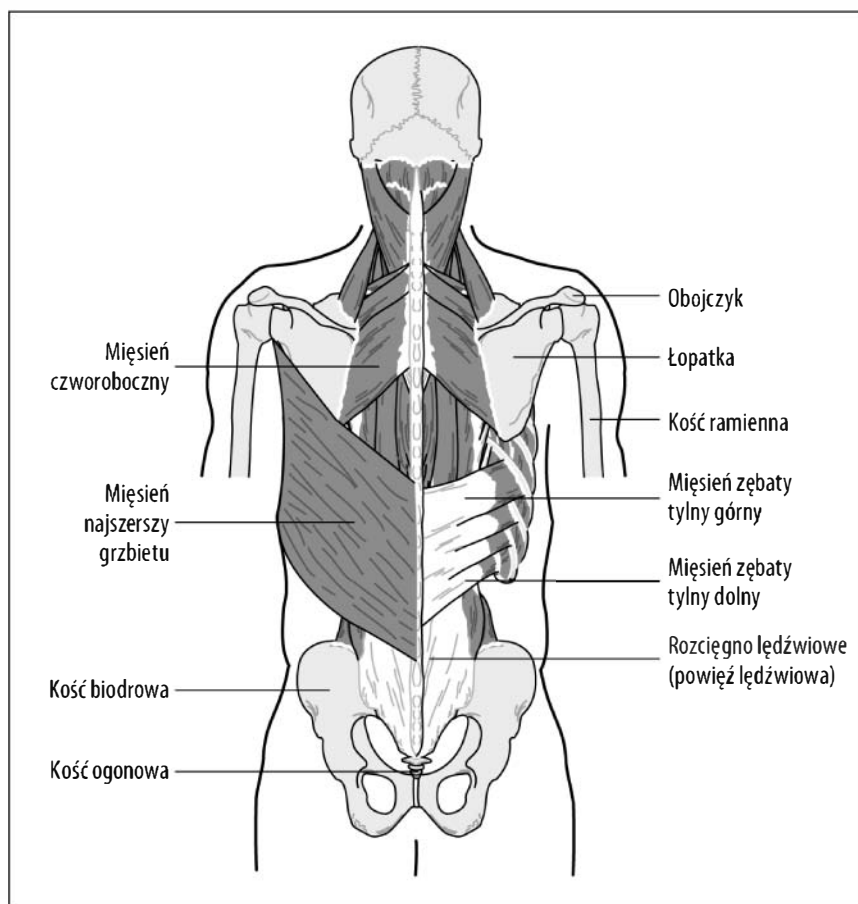
Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Skręty tułowia



Mięśnie tułowia (patrz rysunek 5.4.) pełnią wiele ważnych funkcji. Nie tylko podtrzymują one całą konstrukcję ciała, ale także umożliwiają Ci poruszanie kończynami, pozwalają na wdechy i wydechy oraz chronią narządy wewnętrzne. Zaczę od omówienia mięśni biegnących po przedniej stronie ciała (zwanymi mięśniami brzuszными), a następnie przejdę do leżących po stronie przeciwnej (zwanymi mięśniami grzbietowymi).

Mięsień piersiowy większy (patrz rysunek 5.5.) łączy Twój tułów z kończyną górną, mocując kość ramieniową do mostka i obojczyków. Mięśnie piersiowe chronią także klatkę piersiową, serce i płuca. Ich pracę łatwo jest wyczuć, kiedy np. krzyżujesz ręce na piersiach. W klatce piersiowej znajdują się także mięśnie umieszczone nad i między żebrami. Wewnętrzny *mięsień międzyżebrowy* unosi i opuszcza klatkę piersiową podczas oddychania. Mięśnie klatki piersiowej, choć cechują się sporymi rozmiarami, są przy tym nieco mniejsze od mięśni brzucha.



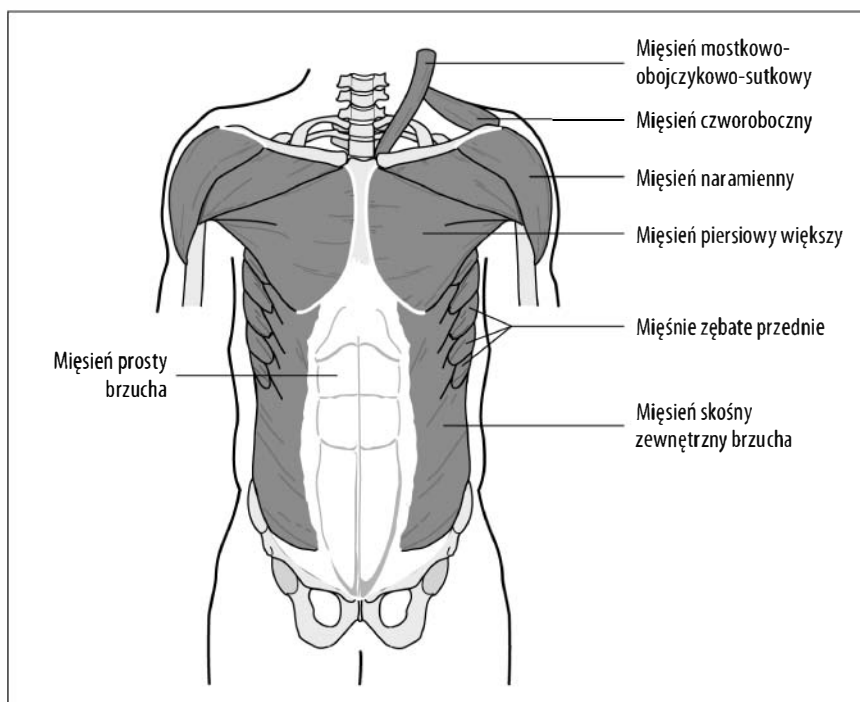
Rysunek 5.4.
Mięśnie
tułowia i szyi,
widok z tyłu

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002



Mięśnie brzucha tworzą centralną część Twojego ciała. Im są one silniejsze, tym **bardziej** giętki jest kręgosłup, gdyż pomagają one wprawiać kręgi w ruch. Z drugiej strony, zeszywnienie kręgosłupa wpływa negatywnie na ich siłę i elastyczność. Co więcej, mięśnie brzucha i grzbietu łączą się z górnymi i dolnymi kończynami, przez co wszelkie problemy z tymi mięśniami mogą rzutować na sprawność ruchu wszystkich kończyn.

Mięśnie brzucha są delikatne, ale ich włókna biegną w różnych kierunkach, co znacznie zwiększa ich siłę. Kiedy pisałam ten rozdział, moja córka poprosiła mnie o pomoc przy budowie wieży z klocków. Powiedziałam jej, że kiedy będzie kłaść kolejne warstwy klocków prostopadłe do poprzednich, cała konstrukcja stanie się bardziej wytrzymała. Potem doszło do mnie, że dokładnie w ten sam sposób funkcjonuje układ mięśni brzucha. Jak widać, zabawa klockami stymuluje wyobraźnię nie tylko dzieci, ale i dorosłych.



Rysunek 5.5.
Mięśnie klatki
piersiowej
i brzucha

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

W osi brzucha, w górnej warstwie mięśni, rozciąga się *mięsień prosty brzucha*, łącząc żebra i mostek z kością łonową. Jego zadaniem jest zginanie kręgosłupa oraz utrzymywanie prawidłowej pozycji narządów leżących w jamie brzusznej.

Inne warstwy mięśni brzucha pomagają utrzymywać narządy leżące w bocznych częściach jamy brzusznej, a także wzmacniają tułów i zwiększają zakres jego ruchów. *Mięśnie skośne zewnętrzne brzucha* łączą się z ośmioma niższymi żebrami i biegną w dół tułowia, schodząc skośnie w kierunku miednicy. Z kolei *mięśnie skośne wewnętrzne brzucha* leżą pod zewnętrznym (co jest dość oczywiste, prawda?) i rozciągają się od grzebienia kości biodrowej do niższych żeber.

Wewnętrzne i zewnętrzne mięśnie skośne krzyżują się, przypominając kształtem literę „X”. Łączą one wszystkie kości tułowia i utrzymują jego kształt. Położony najniżej *mięsień poprzeczny brzucha* biegnie poziomo, w poprzek przedniej części tułowia. Jego zadaniem jest wypychanie przepony ku górze w czasie oddychania oraz pomoc w zginaniu tułowia do przodu. Mięsień ten łączy się z niższymi żebrami i kręgami lędźwiowymi, a także otacza grzebień kości łonowej i *kresę białą*, czyli pas tkanki łącznej ciągnący się pionowo od wyrostka mieczykowatego mostka do spojenia łonowego (pasma tkanki łącznej łączącej kości biodrowe).

Mięśnie grzbietu (patrz rysunek 5.4.) zapewniają siłę, łączą tułów z górnymi i dolnymi kończynami, a także chronią narządy leżące w grzbietowej części ciała (np. nerki). *Mięsień naramienny* łączy bark z obojczykiem, łopatką i kością ramienną. Pomaga on w unoszeniu odwiedzonego ramienia (do poziomu, patrząc od przodu lub od tyłu). Mięsień najszerszy grzbietu jest z kolei szerokim mięśniem o kształcie trójkąta, który odchodzi od dolnej części kręgosłupa (kręgów lędźwiowych oraz piersiowych) i biegnie ukośnie do kości ramieniowej. Pozwala on na ściąganie wyprostowanej ręki w dół oraz na wykonywanie gestu sięgania (pracuje także przy bieganiu czy pływaniu).

Rozkładanie skrzydeł

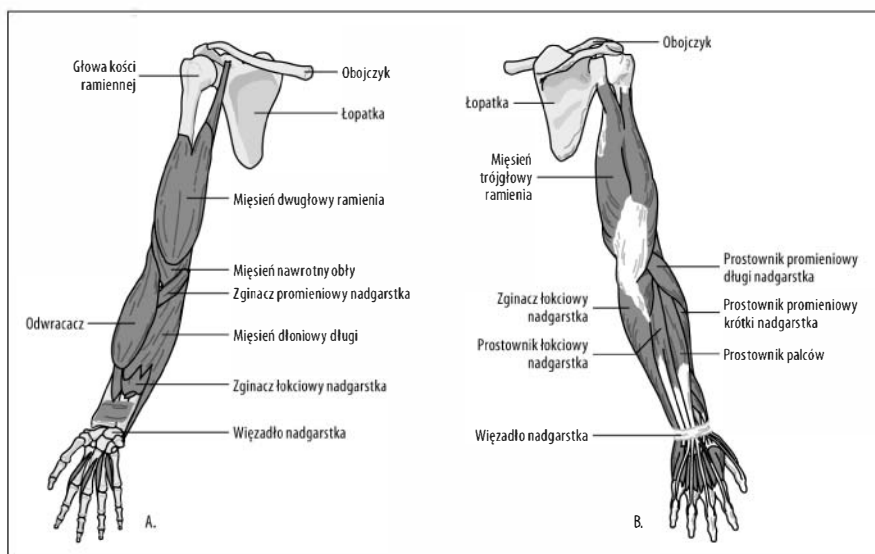


Twoje kończyny górne, a w ich obrębie m.in. ramiona, posiadają dość duży zakres ruchów. Jest rzeczą oczywistą, że ręce połączone są z tułowiem. Jednym z tych połączeń jest mięsień zębaty przedni, leżący poniżej pachy i biegnący wzdłuż boku klatki piersiowej, aby połączyć się z łopatką i górnymi żebrami. Z mięśnia tego korzystasz, kiedy pchasz jakiś przedmiot lub podnosisz rękę wyżej niż do poziomu. Jego skurcze przemieszczają łopatkę w przód i w tył.

Chociaż *mięśnie dwugłowe i trójąłowe ramienia (bicepsy i tricepsy)* znajdują się w ramiennej części kończyny górnej, to umożliwiają one ruch przedramienia. Na rysunku 5.6a. znajdziesz obraz przedniej strony ręki. Pracę bicepsa można łatwo wyczuć, gdy wykonasz przedramieniem ruch, taki jak przy obracaniu pokrętła. Jego nazwa nawiązuje do faktu, że posiada on dwie głowy, jak również dwa miejsca przyczepu (konkretnie zaś łączy się w dwóch miejscach z łopatką), a następnie biegnie do kości promieniowej i łokciowej. Z kolei triceps to jedyny mięsień biegnący po tylnej stronie ramienia (patrz rysunek 5.6b.) do kości łokciowej. Nazwa ta pochodzi, jak nietrudno się domyśleć, od faktu posiadania trzech głów oraz miejsc przyczepu: dwóch na łopatce i jednego na kości ramiennej. Ruch tricepsa można wyczuć przy pchaniu bądź uderzaniu czegoś pięścią. Poza tymi dwoma mięśniami w kończynie górnej znajduje się też *mięsień ramiennie-promieniowy*, odpowiedzialny za zginanie ręki w łokciu, oraz *mięsień grzebieniowy*, pozwalający na obroty ramienia wokół jego osi wzdłużnej (jak przy odwracaniu ręki grzbietem do góry i do dołu).

Wśród mięśni dłoni znajdują się takie, które pozwalają na poruszanie całego nadgarstka i dłoni, a także takie, które odpowiadają za ruch poszczególnych palców. Kiedy piszesz na klawiaturze lub grasz na pianinie, używasz *zginaczy i prostowników palców*, które pozwalają na ich podnoszenie i opuszczanie, a także przenoszenie do innego rzędu klawiszy. Kiedy podnosisz całą dłoń, korzystasz z mięśni nadgarstka. *Zginacz promieniowy nadgarstka* (przyczepiony do kości promieniowej) oraz *zginacz łokciowy nadgarstka* (przyczepiony do kości łokciowej) pozwalają na wyprost dłoni w stronę grzbietu przedramienia. *Prostownik promieniowy długi nadgarstka* (przechodzący przez jego kości), *prostownik promieniowy krótki nadgarstka* oraz *prostownik łokciowy nadgarstka* pozwalają zaś na zginanie go w górę i w dół.

Rysunek 5.6.
Mięśnie kończyny górnej:
widok
z przodu (A)
i z tyłu (B)



Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Noża do nogi

Twoje kończyny dolne, czyli nogi, łączą się z pośladkami, które z kolei połączone są z biodrami. Na rysunku 5.7. znajdziesz cały układ, który możemy określić mianem kończyny dolnej.

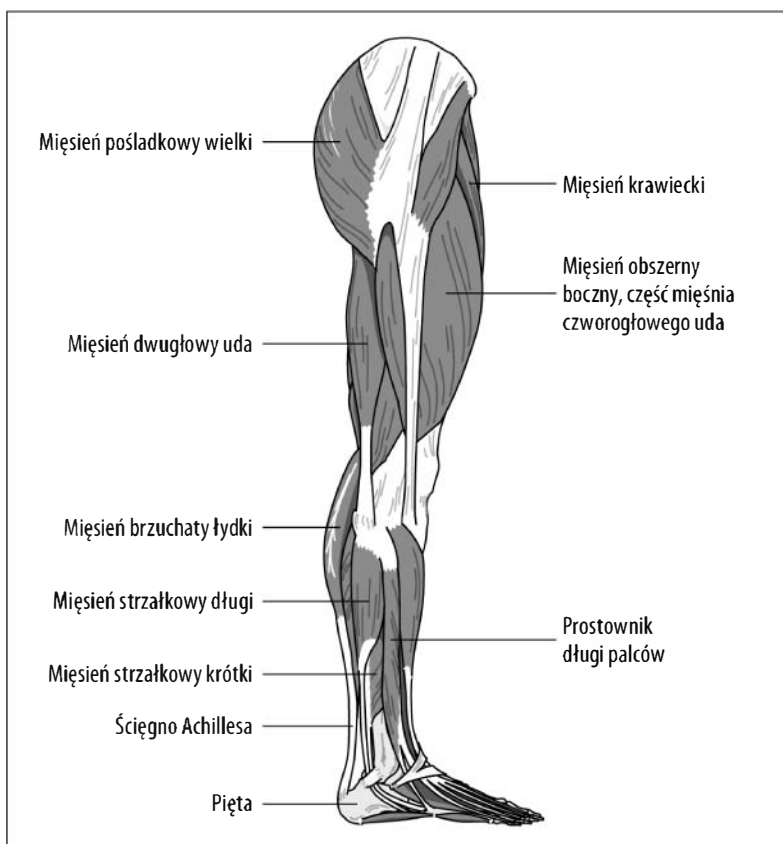
Mięsień biodrowo-lędźwiowy łączy kończynę dolną z tułowiem. Składa się on z trzech mniejszych: *mięśnia lędźwiowego większego* (łączącego udo z kręgosłupem), *mięśnia lędźwiowego mniejszego* i *mięśnia biodrowego*, łączącego



Kciuk w górę!

Cechą charakterystyczną wszystkich naczelnych jest *kciuk*, czyli palec przystosowany do chwytania i obejmowania przedmiotów. Wiele zwierząt posiada chwytne palce, ale tylko naczelne potrafią brać przedmioty w dłonie, do czego niezbędny jest właśnie kciuk. Wyobraź sobie, że Twoje palce zrosnięte są błoną. Czy możliwe byłoby wtedy chwytanie czegośkolwiek? Dlatego właśnie zwierzęta takie jak psy, koty lub ptaki trzymają przedmioty w swoich pyskach (lub dziobach). Naczelne, czyli małpy (człokształtne

i nieczłokształtne) oraz ludzie, z łatwością potrafią jednak chwycić różne przedmioty kciukiem i innymi palcami. Mimo to, z nich wszystkich jedynie człowiek posiada kciuk przeciwny, czyli taki, którym może dotknąć pozostałych palców. Dzięki takiemu ich ułożeniu jesteśmy w stanie wykonywać bardzo precyzyjne ruchy dłońmi. Kiedy łączysz kciuk z małym palcem, dłoń wygina się w łuk, co jest charakterystyczne wyłącznie dla ludzi i wynika z relatywnie małej długości palców.

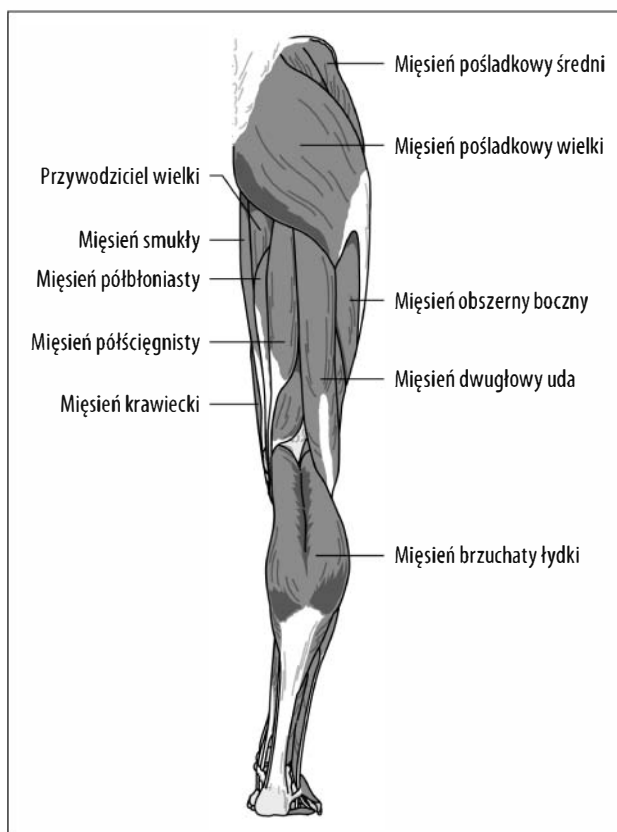


Rysunek 5.7.
Mięśnie koń-
czyny dolnej

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

biodro z kością udową. Oprócz nich w rejonie tym znajduje się też mięsień krawiecki (spajający biodro z wewnętrzną częścią piszczeli). Ten długi i cienki mięsień biegnie od biodra po wewnętrzną część kolana, stabilizując kończynę dolną i dodając jej siły do podtrzymywania ciężaru ciała.

Niektóre mięśnie nóg pozwalają na szeroki zakres ruchów uda. Mięśnie pośladków umożliwiają wyprostowanie nogi w biodrze podczas chodzenia, wspinaczki lub skoków. *Mięsień pośladkowy wielki* (największy mięsień ludzkiego ciała, patrz rysunek 5.7.) jest antagonistą mięśnia biodrowo-lędźwiowego odpowiedzialnego za napinanie uda. *Mięsień pośladkowy średni*, leżący za wielkim, pozwala na unoszenie nogi na bok (czyli *odwodzenie* uda). Istnieje też kilka mięśni przywodzących (czyli umożliwiających powrót odwiedzonej kończyny do dawnego położenia), takich jak *mięsień grzebieniowy* i *przywodziciel długi* oraz *przywodziciel wielki* i *mięsień smukły* — leżące po wewnętrznej stronie uda.



Rysunek 5.8.
Mięśnie koń-
czyny dolnej,
widok z tyłu

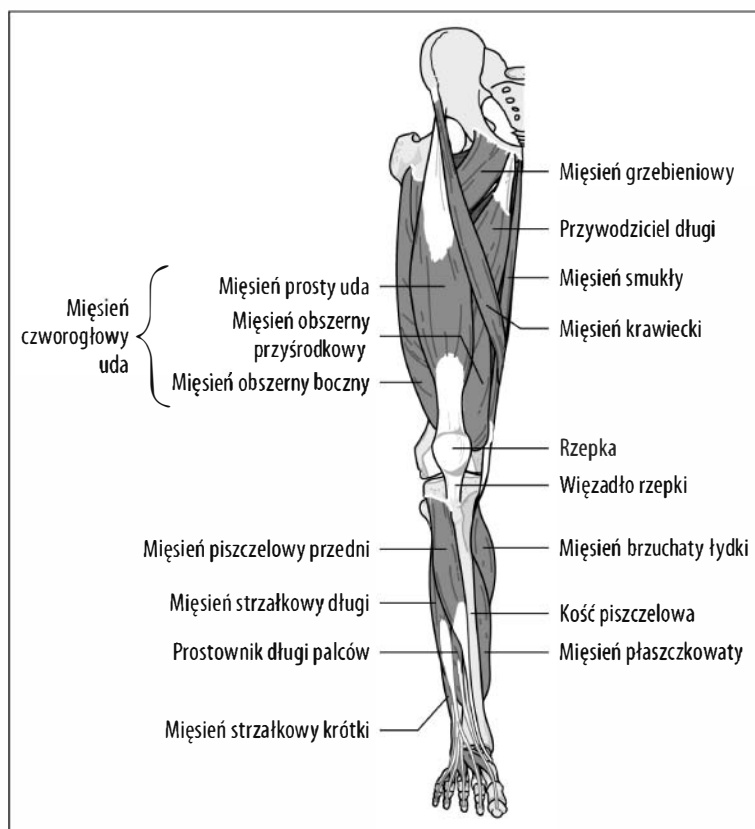
Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Inne mięśnie uda pomagają w poruszaniu dolną częścią kończyny dolnej. Na wyprowadzanie kopnięć pozwalają cztery z nich znajdujące się w przedniej i bocznej części uda i tworzące *mięsień czworogłowy*. Są to: *mięsień prosty uda*, *mięsień obszerny przyśrodkowy*, *mięsień obszerny pośredni* oraz *mięsień obszerny boczny*. Na rysunku 5.7. znajdziesz widok kończyny dolnej z boku, zaś na rysunku 5.9. — z przodu.

Skąd biorą się nazwy mięśni?

Niektóre mięśnie wyróżniają się dość niezwykłymi nazwami. Przykładowo mięsień płaszczkowaty zawdzięcza swoją specyficznemu kształtowi przywodzącemu na myśl płaszczkę (lub własnej płaskości, co zresztą na jedno wychodzi).

Nazwa mięśnia krawieckiego wzięła się stąd, że odpowiada on za krzyżowanie nóg podczas siedzenia. Dawniej krawiec często musiał usiąść w ten sposób na dużym płacie materiału, aby go unieruchomić podczas przycinania (kto wie, może dziś też się to tak robi), co dało nazwę temu konkretnemu mięśniowi.



Rysunek 5.9.
Mięśnie koń-
czyny dolnej,
widok z przodu

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Mięsień czworogłowy uda ma też swoich antagonistów, do których należą: *mięsień dwugłowy uda*, *mięsień półbłoniasty* oraz *mięsień półścięgnisty*, znajdujące się po tylnej stronie uda (patrz rysunek 5.8.) i pozwalające na zginanie nóg i prostowanie bioder. Łączą się one z kością kulszową i piszczelą w podudziu. Ściągną łączące się z tymi mięśniami możesz wyczuć za kolaniem.

Mięśnie łydki i goleni pozwalają ruszać kostką i stopą. *Mięsień brzuchaty łydki* biegnie od kości udowej i łączy się ze ścięgnem Achillesa znajdującym się za piętą. Napina się on wyraźnie, gdy stajesz na palcach. Jego antagonistą jest *mięsień piszczelowy przedni* biegnący od powierzchni piszczeli wzdłuż goleni, a następnie łączący się z kośćmi śródstopia od strony pięty. Skurcz tego mięśnia można wywołać, próbując na niej stanąć. *Mięśnie strzałkowe (długi i krótki)* ciągną się po zewnętrznej stronie podudzia i łączą kość strzałkową z kośćmi stawu skokowego, pozwalając na ruchy stopy, natomiast *prostownik długi palców* i *zginacz długi palców* łączą kość piszczelową ze stopą, umożliwiając zginanie i prostowanie jej palców.

Patofizjologia układu mięśniowego

W każdym układzie ludzkiego ciała mogą pojawić się problemy i układ mięśniowy nie jest pod tym względem wyjątkiem. Mięśnie mogą doznawać skurczów, wywołując ból i ograniczając zakres ruchów, a ścięgna i więzadła mogą pękać, co zwykle wymaga długiej rehabilitacji. Ponadto istnieją też choroby atakujące samą tkankę mięśniową.

Skurcze mięśni

Ciężko mi zliczyć, ile razy przydarzały mi się takie skurcze, ale za każdym razem były czymś bardzo nieprzyjemnym. Skurcz mięśni wywołuje silny ból i ogranicza zdolność poruszania się. Co prawda nie jestem nadmiernie pobudliwa, ale nie oznacza to, że cały czas jestem spokojna i zrelaksowana. Niestety, moje mięśnie też zwykle bywają napięte i czasami muszę za to płacić.

Kilka akapitów wcześniej opisałam mięsień pośladkowy większy i średni. Oprócz nich istnieje też *mięsień gruszkowaty*, który od czasu do czasu może wywoływać nieprzyjemny ból dolnej części ciała. Łączy on kość kulszową i krzyżową z górną krawędzią krętarza wielkiego, znajdującego się w górnej części kości udowej. Działanie tego mięśnia polega na przesuwaniu uda w płaszczyźnie poziomej. Kiedy coś się z nim stanie, skutki są bardzo nieprzyjemne.

Skurcz mięśnia to mimowolny skurcz włókien mięśniowych, który następuje szybko i bez ostrzeżenia, wywołując zwykle bardzo silny ból. W przypadku mięśnia gruszkowatego jest to naprawdę nie do wytrzymania, gdyż, z racji jego położenia, skurcz wywołuje długotrwały ból w kręgosłupie, dolnej części pleców, pośladkach i biodrach, a czasami może też podrażnić nerwy krzyżowe. Jego siła jest na tyle duża, że poruszanie się w takim stanie jest dość mocno utrudnione.

Osobiście mam największe problemy z mięśniem gruszkowatym, ale skurcz może nastąpić w dowolnym innym. Nie wszystkie skurcze są bardzo bolesne. Przykładem może być czkawka, będąca w rzeczywistości skurczem przepony, który jest denerwujący, ale raczej nie jest bolesny. To samo dotyczy tików nerwowych twarzy. Z drugiej strony, powszechne skurcze mięśni łydki na ogół bywają dość nieprzyjemne, a czasami wręcz uniemożliwiają poruszanie się.

Dystrofia mięśni

Dystrofia mięśni jest wrodzonym zaburzeniem chromosomalnym szkodliwie wpływającym na funkcjonowanie mięśni.

Dystrofia mięśniowa Duchenne’a (DMD) jest najpopularniejszym, choć niejedynym, rodzajem tego zaburzenia. Jak pisałam wyżej, dystrofia mięśni jest dziedziczna i najczęściej przechodzi z matki na syna. Dotyka ona przede wszystkim chłopców, a jej objawy stają się widoczne przed osiągnięciem trzeciego roku życia. U osób cierpiących na dystrofię Duchenne’a mięśnie ulegają osłabieniu, skróceniu i degeneracji. W miarę postępowania choroby stopniowo zanikają. W wieku 12 lat chorzy zwykle nie są w stanie poruszać się o własnych siłach. Zastępowanie ich tkanki mięśniowej łączą i tłuszczową wywołuje postępujące osłabienie funkcji serca i płuc, przez co umierają oni zwykle w wieku lat kilkunastu.

Miotoniczna dystrofia mięśniowa występuje zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn i może rozwinąć się w dowolnym wieku. Początkowo chorzy odczuwają bóle i sztywność mięśni, jednak szybko zaczynają zauważać u siebie problemy z przełykaniem (wynika to z faktu, że mięśnie rozkurczają się wolniej niż zwykle). Pierwsze objawy obserwuje się zwykle w mięśniach twarzy i szyi, a następnie w mięśniach kończyn. W miarę postępowania choroby coraz trudniejsze staje się obracanie głowy czy podnoszenie przedmiotów. Stan chorych zwykle stopniowo się pogarsza, przez co w pewnym momencie przestają oni opuszczać łóżko bądź zmuszeni są do poruszania się przy pomocy wózka inwalidzkiego.

Rozdział 6

Wielka przykrywka: skóra

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Przyjrzymy się warstwom skóry.
 - ▶ Obejrzymy paznokcie, włosy i gruczoły.
 - ▶ Sprawdzimy, w jaki sposób skóra chroni nasze ciało.
 - ▶ Zrozumiemy działanie receptorów skóry.
 - ▶ Przedstawimy zagrożenie ze strony promieniowania.
-

Czy kiedykolwiek zdarzyło Ci się myśleć o skórze jako o narządzie? Tak, skóra to jeden z nich. Po lekturze tego rozdziału zrozumiesz, dlaczego tak jest, a także będziesz znał procesy fizjologiczne zachodzące w tym szerokim, cienkim organie. Przedstawię też różne drobne narządy kształtujące się pod jej powierzchnią i omówię niektóre zaburzenia funkcjonowania powłoki naszego ciała, wliczając w to sytuację oparzenia. Musisz wiedzieć, że bez skóry człowiek szybko uległby odwodnieniu albo padł ofiarą licznych bakterii oraz wirusów (patrz rozdział 13.). Krótko mówiąc, bez niej nie dalibyśmy rady przeżyć. Postaraj się więc okazywać jej trochę szacunku. Dowiedz się, jak jest zbudowana i jakie są jej podstawowe funkcje. I nie żałuj kremu do opalania, dobrze?

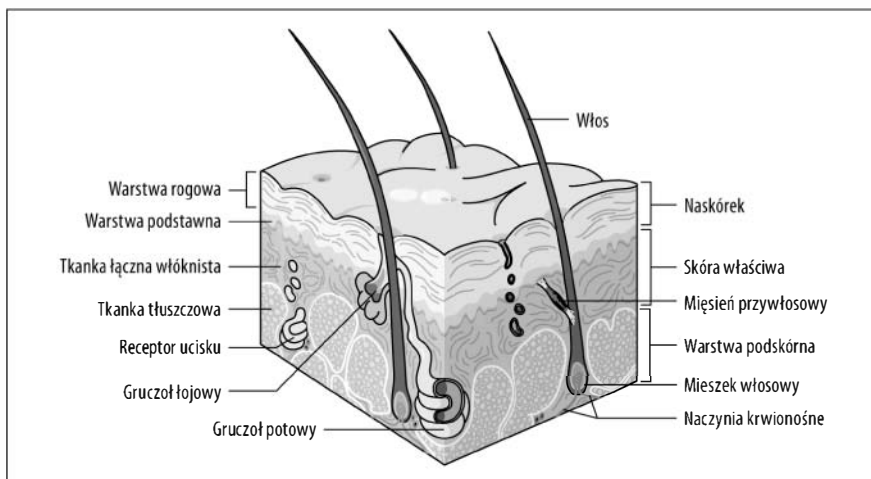
Potrójna ochrona

Ciało przeciętnego człowieka pokrywa około 2 m² skóry, zwanej także *powłoką skórą*. Na rysunku 6.1. przedstawiłam jej budowę. Choć może Ci się wydawać, że skóra ciasno przylega do niższych warstw ciała, w rzeczywistości jest ona luźno połączona z tkanką mięśniową. W miejscach, w których mięśnie nie występują (np. na kłykcach), skóra styka się bezpośrednio z kośćmi.



Skóra składa się z trzech warstw: *naskórka* i *skóry właściwej* oraz *warstwy podskórnej*. Ta ostatnia służy jako pośrednik pomiędzy zewnętrznymi warstwami skóry a mięśniami i organami znajdującymi się głębiej. Jako że w skórze znajdują się także inne narządy (np. naczynia krwionośne), można ją uznać za jeden z układów organizmu. Jako największy z narządów ludzkiego ciała stanowi około 15% jego masy.

Rysunek 6.1.
Przekrój wycin-
ka skóry
ukazujący jej
warstwy oraz
przydatki



Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Dotknięcie naskórka



Naskórek jest częścią skóry, którą można dotknąć bezpośrednio. Ta cienka, zewnętrzna osłona składa się z dwóch warstw: *rogowej* i *podstawnej*. Cały naskórek zbudowany jest z wielowarstwowej tkanki (patrz rozdział 3.), ale wspomniane wyżej warstwy pełnią odmienne funkcje.

Keratynizacja warstwy rogowej

Warstwa rogowa jest twardą, zewnętrzną częścią, grubą na 25 – 30 komórek. Jej twardość jest wynikiem procesu *keratynizacji* polegającego na wydzielaniu przez komórki białka zwanego keratyną. Wiele włókien keratynowych twardnieje w trakcie tego procesu, zapewniając wytrzymałość całej warstwie rogowej.

Keratyna jest wodoodporna, więc stanowi dobrą barierę pomiędzy niższymi komórkami skóry a otoczeniem zewnętrznym. Poza tym chroni ona ciało przed odwodnieniem lub nasiąkaniem wodą.



Wzmocnione keratyną komórki skóry chronią też komórki wewnętrzne i tkanki przed inwazją bakterii oraz wirusów. Dlatego wszelkie jej uszkodzenia (takie jak otarcia i rany) muszą być dobrze oczyszczone, gdyż w przeciwnym razie do wnętrza organizmu mogą dostać się drobnoustroje wywołujące infekcje.

Rozwój warstwy podstawnej

Warstwa podstawna przypomina farmę komórek. Ta dolna część naskórka (patrz rysunek 6.1.) zawiera komórki, które ulegają nieustannym podziałom.

Nowo powstałe przechodzą do góry (do warstwy rogowej) po 14 – 30 dniach, ale w miarę oddalania się od warstwy podstawnej tracą one kontakt z naczyniami krwionośnymi i obumierają. Dlatego też najbardziej zewnętrzna warstwa skóry, czyli ta, którą widzisz na co dzień, składa się w rzeczywistości z komórek martwych. Część z nich złuszcza się każdego dnia.



Twoja powłoka zawiera zwykle wiele martwych, złuszczających się komórek naskórka, stanowiących ulubiony pokarm roztoczy — mikroskopijnych żyjatek, które żywią się tymi komórkami, ale pozostawiają po sobie odchody, na które część ludzi może być bardzo silnie uczulona.

Warstwa podstawna zawiera jednak także *komórki Langerhansa*, które łączą układ powłoki wspólnej z systemem odpornościowym. Komórki te powstają w czerwonym szpiku kostnym, lecz osadzają się w warstwie podstawnej naskórka. Pochłaniają one bakterie i wirusy (fagocytoza), a następnie przenoszą je do układu krwionośnego, skąd trafiają one do narządów układu limfatycznego (np. do śledziony). Gdy ten dostrzeże obecność takich drobnoustrojów, jest to dla niego sygnałem, aby wyszukać podobne organizmy w Twoim ciele i zapobiec infekcji. W rozdziale 13. znajdziesz więcej informacji na temat drobnoustrojów, odporności i układu limfatycznego.



Inną ważną funkcją warstwy podstawnej jest zapewnianie Twojej skórze odpowiedniej barwy, aby chronić Cię przed słońcem. Karnacja jest zależna od *melaniny* — barwnika powstającego w *melanocytach*, znajdujących się właśnie w warstwie podstawnej naskórka. Głównym jej zadaniem jest ochrona skóry przed wpływem promieniowania ultrafioletowego. Im więcej melaniny produkuje nasze ciało, tym ciemniejsza jest nasza skóra. Dlatego też przedstawiciele ludów z okolic równika, gdzie nasłonecznienie jest najbardziej intensywne, cechują się najciemniejszą karnacją — potrzebują dużo pigmentu zdolnego chronić ich przed promieniowaniem ultrafioletowym. Z kolei ludy zamieszkujące tereny położone dalej od równika cechują się jaśniejszą skórą, gdyż nie potrzebują aż tak silnej ochrony przed słońcem.



Pigmentacja skóry pomaga chronić ją przed niszczącym wpływem promieniowania ultrafioletowego.

Choć każdy z nas ma taką samą liczbę melanocytów, barwa skóry zależy od informacji genetycznej określającej ilość produkowanej melaniny. Dodatkowo w melaninie wytwarzanej przez skórę osób pochodzących z okolic Morza Śródziemnego pojawia się nieco więcej zielonego pigmentu, zaś melanina Azjatów zawiera pewną domieszkę pigmentu żółtego. Jednak, pomimo tych różnic, poniżej warstwy podstawnej skóra wszystkich ludzi na świecie wygląda tak samo.

Środek ze środka: skóra właściwa

Podobnie jak środkowe dziecko w rodzinie, skóra właściwa znajduje się pomiędzy naskórkiem, na którym skupia się nasza uwaga wyrażana np. stosowaniem kosmetyków, i warstwą podskórną, którą ludzie zwykle starają się utrzymać jak najcieńszą (więcej na jej temat niżej). Jednakże, mimo braku naszego zainteresowania nią, środkowa warstwa także pełni ważne obowiązki.

Skóra właściwa zawiera włókna kolagenu i elastyny. Kolagen to białko składające się z dużych cząstek, a jego włókna odznaczają się niezwykle rozciągliwością i sprężystością, podobnie jak włókna elastyny. Oba te rodzaje włókien zapewniają skórze elastyczność w czasie ruchu. Kolagen zapobiega jej rozerwaniu przy zbyt mocnym naciągnięciu. Czy potrafisz wyobrazić sobie sytuację, w której Twoja skóra pęka jak materiał spodni, kiedy zegniesz się wpół? Albo że pęka pod pachą w czasie sięgania po coś leżącego wysoko?

Naczynia krwionośne zapewniające komórkom dopływ tlenu i składników odżywczych znajdują się właśnie w skórze właściwej. Kiedy ćwiczysz albo czerwienisz się na twarzy (np. z powodu zmieszania), naczynia te rozszerzają się, wzmagając tym samym dopływ krwi. Owo zaczerwienienie wywołane jest właśnie zwiększoną liczbą czerwonych krwinek pojawiających się pod powierzchnią skóry. W czasie wzmożonego wysiłku naczynia krwionośne rozszerzają się, aby ułatwić odprowadzanie wydzielanego przez organizm ciepła, kiedy zaś znajdujesz się w chłodnym otoczeniu, zwężają się one, by zapobiec spadkowi temperatury ciała.

Gdy ilość krwinek przy powierzchni skóry spada, nabiera ona błękitnego odcienia. Jeśli jest to wynikiem zaburzenia fizjologicznego, na przykład braku tlenu lub zablokowania krążenia, to mówimy o *cyjanozie*. Słowo to oznacza błękit, jak w przypadku jednego z podstawowych kolorów drukarskich (na pewno zdarzyło Ci się go widzieć we wkładach do drukarki atramentowej) czy błękitno-zielonych cyjanobakterii. Także ciała osób, które zginęły w wyniku zatrucia *cyjankiem*, wykazują oznaki cyjanozy.

Twoja skóra właściwa odpowiada również za tworzenie charakterystycznych odcisków palców i stóp. Co prawda wzory te występują na naskórku, ale powstają w wyniku „wciągania” go w stronę skóry właściwej w miejscu występowania *listewek skórnych*. W ten sposób odciski stanowią coś w rodzaju „negatywu” wzoru listewek. Linie papilarne są swoistym „bieżnikiem”, zwiększającym tarcie i ułatwiającym chwytanie drobnych przedmiotów. Jak zapewne wiesz, odciski palców i stóp stosowane są do identyfikacji ludzi, ponieważ u każdego człowieka listewki skórne tworzą nieco inną, niepowtarzalną konfigurację.

W skórze właściwej znajdują się także specjalne receptory. Pomagają one w odbieraniu wrażeń takich jak ucisk, wibracje czy lekki dotyk. Receptory te (np. *ciałka Paciniego*, *ciałka Meissnera* czy *ciałka Ruffiniego*) rozsiane są po całej

powierzchni skóry właściwej i łączą się z nerwami przechodzącymi przez nią i tkankę podskórną. Ich rozkład nie jest jednak równomierny. W jednym miejscu można wyczuć delikatny dotyk, podczas gdy nieco dalej zarejestrowany może zostać co najmniej wyraźny nacisk. Więcej na temat przesyłu bodźców przez nerwy znajdziesz w rozdziale 7.

Wejście pod skórę: warstwa podskórna

Warstwa podskórna leży pod skórą właściwą. Zastrzyki podskórne polegają właśnie na wprowadzeniu w nią igły i wstrzyknięciu w nią określonej substancji.

Grubość warstwy podskórnej może się dość znacznie różnić, ponieważ właśnie w niej znajduje się *tkanka tłuszczowa*, zbudowana z komórek tłuszczowych i stanowiąca większą jej część. U osób szczupłych jest ona bardzo cienka, podczas gdy w przypadku osób otyłych może być bardzo gruba.

Tkanka tłuszczowa ma jednak swoje dobre strony, a utrzymywanie jej właściwej grubości jest wręcz niezbędne dla zdrowia. Stanowi ona izolację termiczną dla ciała i chroni narządy wewnętrzne przed wstrząsami. Tkanka ta wiąże również bardzo dużo wysokoenergetycznych cząstek, które organizm wykorzystuje, gdy zachodzi taka potrzeba.

Przydatki skórne



Niestety, nie będę tutaj mówić o tatuażach czy piercingu, ale o różnego rodzaju *przydatkach skóry*, takich jak włosy, paznokcie i gruczoły, które się w niej znajdują.

Włosy

Twoja skóra zawiera miliony mieszków włosowych — prawie tyle samo, ile ma najbliższy krewniak ludzkiego gatunku, czyli szympanś (choć nie mam pojęcia, kto je policzył). Podobnie jak szympanse, ludzie posiadają nieowłosioną wewnętrzną stronę dłoni, podeszwy stóp, wargi oraz sutki. Większość naszych włosów jest delikatna i lekka, choć te znajdujące się na głowie są nieco cięższe i grubsze, aby zapewniać lepszą izolację cieplną. W czasie pokwitania nasz organizm wydziela zwiększoną ilość hormonów płciowych i wynikiem ich działania jest owłosienie wtórne w okolicach pach oraz pachwin. U mężczyzn pojawia się również owłosienie twarzy, które może także wystąpić u kobiet cierpiących na zaburzenia hormonalne (patrz rozdział 8.).



Włosy stojące dęba

Każdy włos posiada mały mięsień gładki zwany *mięśniem przywłosowym*. To właśnie skurcze tych mięśni wywołują u nas „gęsią skórę”. Kiedy jest nam zimno lub przestraszymy się czegoś, napinają się one i ustawiają włosy prostopadle do ciała, aby „złapać” między nie a skórę nieco powietrza, pełniącego rolę izolacji

cieplnej. Stroszenie włosów ma zaś uczynić Cię większym (i groźniejszym) w oczach ewentualnego napastnika — choć jest to reakcja ukształtowana miliony lat temu, kiedy ludzie byli zarówno myśliwymi, jak i zwierzyną (odchłap ten wciąż dobrze sprawdza się w świecie zwierząt).

Wszystkie włosy wyrastają z mieszków włosowych, znajdujących się w naskórku i sięgających skóry właściwej, skąd czerpią one krew i substancje odżywcze. Choć włos wystający nad powierzchnię skóry jest martwy, mieszek włosowy wytwarza nowe komórki, które „wypychają” tę część, a proces ten obserwujemy jako „wzrost”. W skórze właściwej znajdują się naczynia krwionośne zaopatrujące mieszki włosowe w tlen i inne potrzebne substancje. Pokrytą włosami skórę można porównać do trawnika (który u osób łysiejących ustępuje np. piaszczystem ścieżkom czy podjazdowi przed domem).

Leżące w dolnej części mieszka włosowego komórki nieustannie dzielą się, aby produkować nowe, z których składają się włosy. Kiedy te są jeszcze krótkie, mogą skutecznie kontaktować się z układem krwionośnym, zapewniając sobie stały dopływ substancji odżywczych. W miarę wzrostu ich górne warstwy tracą jednak ów kontakt, ulegając keratynizacji, a następnie obumierają. Podobnie jak skóra, którą widzisz, także i włosy zbudowane są z martwych komórek. I, podobnie jak komórki naskórka, one również odrywają się od powierzchni skóry.



Włosy na głowie, zanim wypadną, żyją od trzech do czterech lat, rzęsy zaś — od trzech do czterech miesięcy. Ludzie nie łysieją w ciągu jednej nocy. O łysieniu (*alopecia*) można mówić wtedy, gdy skóra traci więcej włosów niż produkuje.

Paznokcie

Paznokcie rąk i nóg leżą na *blaszkach podstawnych*. W tylnej ich części znajdują się księżycowate *korzenie paznokci*. Podobnie jak w przypadku skóry i włosów, paznokcie także czerpią składniki odżywcze tylko wtedy, kiedy znajdują się blisko naczyń krwionośnych, w które zaopatrzona jest blaszka podstawna. W miarę oddalania się od niej ulegają one nasyceniu keratyną (keratynizacji), dzięki czemu twardnieją i stają się wodoodporne. Wierzchnia warstwa paznokci, której można dotknąć, składa się ze starych, obumarłych komórek.

Analogicznie do włosów, paznokcie nie rosną, a jedynie są wypychane przez nieustannie tworzące się nowe komórki (każdego tygodnia ich długość zwiększa się o ok. 1 mm).

W dolnej części paznokcia znajduje się biały obszar w kształcie półksiężyca, noszący nazwę *oblączka*. Ma on biały kolor, ponieważ jest miejscem powstawania nowych komórek, których jest w tym miejscu znacznie więcej niż w innych partiach. Pozostała widoczna część paznokcia jest różowa, gdyż znajdująca się pod nią blaszka podstawna jest silnie unaczyniona.

Jeżeli *powłoczka* paznokcia (fragment skóry pokrywający dolną część oblączka) wyschnie i popęka, blaszka podstawna może zostać zaatakowana przez bakterie lub grzyby. Obgryzanie paznokci także może być przyczyną infekcji, gdyż w naszych ustach znajdują się bakterie zdolne dotrzeć do silnie unaczynionej tkanki otaczającej paznokcie lub znajdującej się pod nim.

Wygląd paznokcia może być źródłem pewnych informacji o problemach mających miejsce w naszym organizmie. W tabeli 6.1. znajdziesz kilka cech typowych dla poszczególnych zaburzeń.

Tabela 6.1. Cechy wyglądu paznokci powiązane z zaburzeniami

Wygląd paznokci	Zaburzenie funkcji organizmu
Łamliwe, wklęsłe, z grubym rantem	Anemia wynikła z niedoboru żelaza
Paznokcie oddzielające się od blaszki podstawnej	Nadczynność tarczycy (jak w przypadku choroby Gravesa)
Czarne skazy pod paznokciami (przypominające drzazgi)	Zaburzenia oddychania lub pracy serca
Twarde, zakrzywione, żółte paznokcie	Rozstrzenie oskrzeli (przewlekłe rozszerzenie oskrzeli, niemyły oddech, napady kaszlu) i obrzęk limfatyczny (zatrzymanie limfy w węzłach chłonnych wywołujące obrzęk dłoni i stóp). Palenie i częste używanie lakieru do paznokci również mogą spowodować ich żółknienie.

Parę słów o gruczołach

Gruczoły wytwarzają różne substancje, a następnie przekazują je do innych rejonów ciała. Na przykład trzustka, duży gruczoł powiązany swoim działaniem z funkcjonowaniem żołądka, kiedy wykryje pewną ilość glukozy w krwiobiegu, wytwarza insulinę. Zostaje ona następnie rozprowadzona, utrzymując właściwy poziom cukru we krwi. Gruczoły skórne działają podobnie, lecz wydzielają substancje na zewnątrz skóry.

Dwa główne gruczoły skórne to *gruczoły potowe* i *gruczoły łojowe*.



Pocić się jak... człowiek

Jak nietrudno zgadnąć, gruczoły potowe wydzielają pot, czyli wodnistą substancję mającą na celu usuwanie z organizmu nadmiaru soli (chlorku sodu) i mocznika (substancji wydzielanej przez nerki; więcej na ich temat znajdziesz w rozdziale 12.), a także wspomaganie regulacji temperatury ciała.

- ✓ **Ekrynowe gruczoły potowe:** znajdują się na całej powierzchni ciała. Otwierają się w chwili, gdy ciało jest rozgrzane, i wydzielają wodę ułatwiającą chłodzenie go przez jej odparowanie. Pokrywający skórę pot, składający się prawie wyłącznie z wody, pochłania część wydzielanego ciepła i odparowuje je, chłodząc tym samym ciało.
- ✓ **Apokrynowe gruczoły potowe:** odpowiadają za specyficzny zapach ciała. Znajdują się one w mieszkach włosowych pach i podbrzusza i zaczynają się rozwijać w okresie pokwitania. W odróżnieniu od potu wydzielanego przez gruczoły ekrynowe, pot gruczołów apokrynowych zawiera mętną, mlecznobiałą substancję. Żyjące na skórze bakterie, które ją rozkładają, są głównym źródłem wspomnianego specyficznego zapachu. Gruczoły apokrynowe uaktywniają się w chwili strachu, stresu i pobudzenia seksualnego.

Wydzielanie zdrowych olejków

Gruczoły łojowe wydzielają oleistą substancję zwaną *łojem* (łacińskim odpowiednikiem tej nazwy jest *sebum*), która gromadzi się w mieszkach włosowych. Łój jest przyczyną zniechęconego przez nastolatków trądziku, ale pełni również ważne funkcje fizjologiczne. Im mniej włosów posiada człowiek, tym szybciej traci ciepło, więc łój pomaga chronić owłosienie, impregnując poszczególne włosy i chroniąc je przed pękaniem (podobnie jak keratyna). Jest on także wodoodporny, zatem pokryta nim skóra dużo wolniej traci wodę czy też nie nasiąka nią zbyt szybko (zależnie od sytuacji). Poza tym łój jest szkodliwy dla bakterii, więc jego cienka warstewka skutecznie zapobiega wielu infekcjom.

Chronić swoją skórę

Skóra pełni wiele ważnych funkcji. Podobnie jak Twoje serce, płuca i mózg, ma ona swoje obowiązki, które musi sumiennie wypełniać, aby zapewnić Ci zdrowie. Można porównać ją do odważnego żołnierza, który wystawia się na szkodliwe działania, aby chronić wszystko to, co znajduje się po jego stronie granicy. Skóra zabezpiecza nasze ciało przed promieniowaniem ultrafioletowym, bólem, ciśnieniem, ciepłem i zimnem. Jako że jest ona pierwszą barierą je chroniącą, musi regularnie się regenerować. Poniżej postaram się opisać najważniejsze jej funkcje i gorąco zachęcam Cię do szczególnie uważnego zapoznania się z tymi informacjami.

Wytwarzanie witaminy D

Chociaż światło słoneczne ma niemiły zwyczaj uszkodzania naszej skóry, człowiek potrzebuje go do życia. Szczególnie ważne jest ono dla utrzymania dobrego stanu kości. Tak, zgadza się, kości. Z oczywistych względów nie mogą one pochłaniać światła samodzielnie, więc wykorzystują do tego celu skórę, w której rozpoczyna się proces syntezy *witaminy D* niezbędnej do właściwego rozwoju komórek tkanki kostnej.



W skórze znajdują się molekuły, które pod wpływem światła słonecznego przekształcają się w cząsteczki witaminy D, a te następnie przenoszone są wraz z krwią do wątroby i nerek, gdzie metabolizowane są do postaci hormonu noszącego nazwę *kalcytriolu*. Hormon ten jest rozprowadzany po całym ciele, gdzie bierze udział w kontrolowaniu właściwego poziomu fosforu i wapnia. Oba te pierwiastki są konieczne dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania kości, a ich brak może doprowadzić do *krzywicy*.

U osób cierpiących na krzywicę kości miękną i ulegają skrzywieniom, przez co nie są w stanie właściwie podtrzymywać ciężaru ciała. Dzieje się tak, gdy organizm nie otrzymuje właściwych ilości fosforu i wapnia, do czego niezbędny jest kalcytriol wytwarzany z witaminy D, uzyskiwanej z pomocą słońca. Dlatego też krzywicę najczęściej obserwuje się u dzieci, które kiepsko się żywią lub rzadko przebywają na świeżym powietrzu. Na szczęście mleko wzbogacane witaminą D pozwala jej zapobiec. Należy jednak pamiętać, że brak tej witaminy może mieć szkodliwy wpływ także na dorosłych.



W przypadku dorosłych zmniejszenie produkcji kalcytriolu może być wywołane problemami z wątrobą lub nerkami (w których witamina D ulega przetworzeniu), co może powodować stan przypominający krzywicę i znany jako *osteomalacja* (zmiękczenie kości). Innymi przyczynami osteomalacji czy długotrwałych zaburzeń przetwarzania witaminy D mogą być: zażywanie fenytoiny (leku przeciwpadaczkowego), zmiany dziedziczne oraz zaburzenia pracy jelit utrudniające absorpcję tej witaminy. Więcej informacji na temat patofizjologii układu kostnego znajdziesz w rozdziale 4.

Leczenie ran

Załóżmy, że zatniesz się w palec podczas szatkowania marchewek. Zdarzyło mi się to ostatnio i było bolesne. Mimo to ból w takich wypadkach szybko ustępuje, zwłaszcza jeżeli przecięciu ulegną zakończenia nerwowe. Wszystkie rany muszą jednak ulec zagojeniu, gdyż inaczej mogą wnikać do nich bakterie, mogące wywołać zakażenie i obniżyć odporność Twojego organizmu.



Na szczęście skóra posiada wyjątkowe zdolności regeneracyjne. Co prawda, ludzie nie potrafią regenerować narządów tak jak meduzy czy dżdżownice, ale niektóre organy, np. wątroba czy naskórek, potrafią odbudowywać uszkodzone tkanki. Czy nie byłoby dobrze, gdyby mózg również posiadał taką zdolność?

Gdy skóra zostanie delikatnie naruszona — jak przy lekkim zadrapaniu — naskórek po prostu zastępuje ubytek nowymi komórkami i po kilku dniach po ranie nie ma śladu. Kiedy jednak uszkodzenie jest na tyle głębokie, że narusza naczynia krwionośne, konieczne jest uaktywnienie specjalnego procesu regeneracyjnego.

Po głębszym zranieniu się człowiek zaczyna krwawić. Krwotok ten pomaga wymyć z rany wszelkie zanieczyszczenia i drobnoustroje. Niemal od samego początku naczynia krwionośne zwężają się, minimalizując utratę krwi. *Płytki krwi (trombocyty)* zaczynają łączyć się z włóknami kolagenowymi, z których zbudowane jest naczynie, tworząc w ten sposób *zator trombocytowy*.



Po skutecznym wytworzeniu takiego zatoru zaczyna formować się skrzep. Reakcja ta zapoczątkowana zostaje przez liczne enzymy odpowiadające za krzepnięcie krwi (łącznie jest ich 12, więc proces ten nie należy do prostych). Poniżej przedstawię skróconą wersję tego zjawiska.

- ✓ **Protrombina:** czynnik krzepliwości ulegający przemianie w trombinę. Do reakcji tej niezbędny jest wapń.
- ✓ **Trombina:** ten czynnik działa jak enzym i sprawia, że fibrynogen, jedno z białek plazmy, zaczyna tworzyć długie nici fibryny.
- ✓ **Fibryny:** nici stworzone za pośrednictwem trombiny, które zaczynają owijać się wokół zatoru, tworząc siateczkowatą strukturę skrzepu.
- ✓ **Skrzep:** powstaje, gdy siateczkowata struktura przechwytuje czerwone krwinki. Kiedy znajdujące się na powierzchni ciała krwinki wyschną (tlen atmosferyczny utleni zawarte w nich żelazo), skrzep nabierze rdzawoczerwonej barwy i zmienia się w strup.

Oślonięte skrzepem naczynia krwionośne zaczynają się regenerować samorzutnie, zaś w skórze właściwej *fibroblasty* produkują nowe komórki, mające za zadanie naprawę uszkodzeń. Pojawia się też tkanka bliznowata, która ma wzmocnić miejsca szczególnie uszkodzone. Zawiera ona dużo splecionych włókien kolagenowych, ale brak w niej mieszków włosowych, gruczołów czy paznokci. Rejon pokryty taką tkanką jest zwykle pozbawiony czucia, gdyż nie zawiera funkcjonujących zakończeń nerwowych.

Kontrolowanie termostatu

Twoja skóra gra ważną rolę w homeostazie (patrz rozdział 8.), czyli procesie utrzymywania ciała we względnie stałym stanie. Twój organizm przez cały czas przekształca pożywienie w energię (mierzoną w kaloriach) i magazynuje ją w postaci ATP (patrz rozdział 3.). Zużywanych jest jedynie ok. 40% tak pozyskanej energii, zaś cała reszta zostaje przekształcona w ciepło służące do utrzymywania stałej temperatury Twojego ciała.

Przeciętna temperatura ciała zdrowego człowieka wynosi $36,6^{\circ}\text{C}$, choć najczęściej oscyluje ona pomiędzy $35,5$ a $37,5^{\circ}\text{C}$. Dlatego też nie należy panikować, jeżeli okaże się, że nasza temperatura jest o $0,1^{\circ}\text{C}$ wyższa lub niższa od normy. Kiedy jest Ci gorąco lub zimno, Twoja skóra podejmuje stosowne działania, aby doprowadzić ciepłotę ciała do stanu optymalnego.

Kiedy skóra ulega wychłodzeniu, zachodzą w niej dwa procesy. Po pierwsze, gruczoły potowe nie są uaktywniane, aby ochronić ciało przed utratą ciepła. Następnie naczynia krwionośne ulegają zwężeniu, aby zatrzymać ciepło wewnątrz organizmu i wokół ważnych narządów, gdyby bowiem krew przepływała pod powierzchnią wychłodzonej skóry, ciało zaczęłoby szybko je tracić. Kiedy jest Ci naprawdę zimno, a temperatura Twojego ciała spadnie poniżej $35,5^{\circ}\text{C}$, zaczynasz się trząść, a Twoja skóra pokrywa się „gęsią skórą” (patrz ramka „Włosy stojące dęba”). Drżenie jest wywołane mimowolnymi skurczami mięśni, podczas których wydzielona zostaje dodatkowa energia cieplna.

Kiedy natomiast jest Ci gorąco, naczynia krwionośne rozszerzają się, aby ułatwić oddanie ciepła na zewnątrz. Ponadto uaktywniają się Twoje gruczoły potowe. Woda zawarta w pocie absorbuje ciepło i wysyła je do otoczenia, odparowując z powierzchni skóry.

Czuć, co się dzieje

Skąd jednak Twoje ciało wie, czy jest gorąco, czy zimno? Skąd wiesz, że udało Ci się zaciąć, czy wbić w skórę drzazgę? Jakim sposobem potrafisz rozpoznać różnicę pomiędzy polaskotaniem piórkiem a uderzeniem pięścią? Wszystko to jest możliwe dzięki obecności w skórze receptorów rejestrujących wrażenia gorąca, zimna, dotyku, nacisku i bólu.

Warstwa podstawna skóry zawiera zakończenia nerwowe pełniące funkcję specjalistycznych receptorów (patrz rysunek 6.1.), choć nie są one rozłożone równomiernie. W niektórych miejscach można więc wyczuć najłżejsze dotknięcia, podczas gdy inne rejestrują wyłącznie mocne uderzenia, niektóre pozwalają odczuć ciepło, inne odczuwają zimno itd. Wszystkie zakończenia

nerwowe połączone są z nerwem biegnącym w warstwie podskórnej, który przekazuje zebrane informacje do mózgu. Okrzyk bólu czy śmiech wywołany łaskotaniem jest odpowiedzią na impuls wysłany przez nasz mózg.

Choroby skóry

Problemy skórne mogą mieć wiele różnych przyczyn. Znajdując się na samej powierzchni naszego ciała, skóra jest często atakowana przez drobnoustroje mogące wywoływać infekcje oraz przez promienie słoneczne, które mogą przyczyniać się do powstawania u niektórych ludzi nowotworów. Poza tym, skóra może zostać uszkodzona w wyniku oddziaływania wysokiej temperatury i substancji chemicznych. W pewnych przypadkach mogą też wystąpić choroby o podłożu genetycznym. Poniżej omówię dwa najczęstsze problemy, a mianowicie nowotwory skóry i oparzenia.

Rak skóry

Wiem, wiem, zaledwie kilka stron wcześniej pisałam, że człowiek potrzebuje światła słonecznego, by zachować zdrowie, a teraz poruszam problem raka skóry. Być może chcesz zapytać: „Gdzie w tym sens?”. Cóż, prawda jest taka, że człowiek potrzebuje słońca, ale należy tu odróżnić właściwe nasłonecznienie od nadmiernego opalania się, co nie zawsze jest łatwe. Organizmowi tak naprawdę wystarczy tylko kilka minut na słońcu, aby wytworzyć potrzebną mu w danym momencie witaminę D. W przypadku wystawiania się na słoneczne światło ilość w żadnym razie nie przekłada się na jakość.



Jak w przypadku niemalże wszystkiego, co się tyczy ciała, umiarkowanie jest kluczem do zdrowego trybu życia. Dobrze jest też używać ochronnych olejków do opalania.



Jeżeli przez wiele lat będziesz regularnie nadużywać słońca, masz dużą szansę na wystąpienie raka skóry. Oznaką tej choroby jest nadmierny wzrost komórek, czyli przerost organu. W przypadku skóry nowotwór może przybrać formę *czerniaka złośliwego* (często mającego przerzuty) lub *raka komórkowego* (ograniczonego do jednego miejsca).

- ✓ **Rak podstawnokomórkowy:** najpopularniejszy z nowotworów skóry. Pojawia się w warstwie podstawnej, w której powstają jej nowe komórki. Nadmierna ilość promieniowania ultrafioletowego (ze słońca lub solarium) może spowodować tworzenie się guza. Co gorsza, szansa na jego wykrycie przez układ odpornościowy spada w miarę jego rozwoju, przez co ciało nawet nie podejmuje prób walki z rakiem. Na szczęście ten rodzaj nowotworu jest dość łatwy do wyleczenia po jego zdiagnozowaniu. Do objawów raka podstawnokomórkowego zaliczamy:

- blade plamy na skórze,
- odnawiające się czerwone plamki,
- czerwone, gładkie narośle,
- jasne guzki,
- trudno gojące się rany.

Gdy rak podstawnocomórkowy zostanie usunięty, nie oznacza to, że udało się go pozbyć raz na zawsze, gdyż tego rodzaju nowotwory mają tendencję do nawrotów. Na szczęście, w odróżnieniu od czerniaka złośliwego, nie tworzy się on w melanocytach, dzięki czemu istnieje mała szansa na pojawienie się ewentualnych przerzutów.

- ✓ **Rak kolczystokomórkowy:** inna powszechna forma raka skóry, który rozwija się w jej warstwie kolczystej. Ma on większą możliwość przerzucenia się do okolicznych narządów niż rak podstawnocomórkowy a także jest potencjalnie letalny (śmiertelność rzędu 1%). Objawy tego nowotworu są podobne do objawów raka opisanego powyżej, choć zaliczyć możemy do nich także wypełnione krwią wrzody, pozostawiające po sobie duże strupy. Nowotwór ten cechuje się nawrotami, więc osoby, u których go wykryto, powinny unikać słońca i regularnie przechodzić badania kontrolne.
- ✓ **Czerniak złośliwy:** najgroźniejsza forma raka skóry. Guzy czerniaka rozwijają się w melanocytach (komórkach produkujących melaninę), przez co zawierają dużą dawkę pigmentu. Zwykły rozrost melanocytów może wywoływać małe, ciemne plamki na skórze, które jednak przestają się rozwijać po osiągnięciu pewnej wielkości. W odróżnieniu od nich, guzy czerniaka są niemalże czarne (stąd nazwa), bez ostro zaznaczonych granic. Skóra wokół nich często przybiera zabarwienie czerwone, białe lub szare.

Możliwość wystąpienia czerniaka jest zależna od ilości opalania. Szczególnie często pojawia się on u ludzi o jasnej karnacji, którzy wielokrotnie doznawali oparzeń słonecznych (zwłaszcza w okresie dziecięcym). Czerniak cechuje się też wysoką śmiertelnością, gdyż 20% chorych umiera w ciągu pięciu lat od wystąpienia pierwszych objawów.



Aby chronić się przed szkodliwym promieniowaniem słonecznym, pamiętaj, aby:

- ✓ używać olejku lub kremu do opalania z filtrem o wartości co najmniej 15;
- ✓ nosić kapelusz z szerokim rondem chroniącym uszy i twarz;
- ✓ unikać słońca w okolicach południa (pomiędzy godziną 12 a 15), gdyż wtedy aktywność szkodliwego promieniowania ultrafioletowego jest największa;
- ✓ nosić okulary przeciwsłoneczne z filtrami chroniącymi przed obydwojema rodzajami promieniowania (UV-A i UV-B). Promieniowanie ultrafioletowe może nie tylko uszkadzać oczy, zwiększając szansę

wystąpienia zaburzeń takich jak np. zaćma, ale także szkodzić delikatnej skórze wokół nich, wywołując zmarszczki oraz hiperpigmentację (pojawianie się ciemnych plamek).

Oparzenia

Gorąco, promieniowanie, elektryczność czy substancje chemiczne mogą wywoływać oparzenia. Jeżeli kiedykolwiek poraził Cię prąd albo zaczerwieniły Ci się ręce od używania podczas sprzątania silnych detergentów, wiesz, czym jest oparzenie skóry. W większości przypadków jego wynikiem jest jednak dotknięcie czegoś gorącego, na przykład czajnika czy kuchenki. Poziom oparzenia określa, ile warstw skóry zostało uszkodzonych w wyniku działania czynnika parzącego. Istnieją cztery poziomy (stopnie) oparzeń:

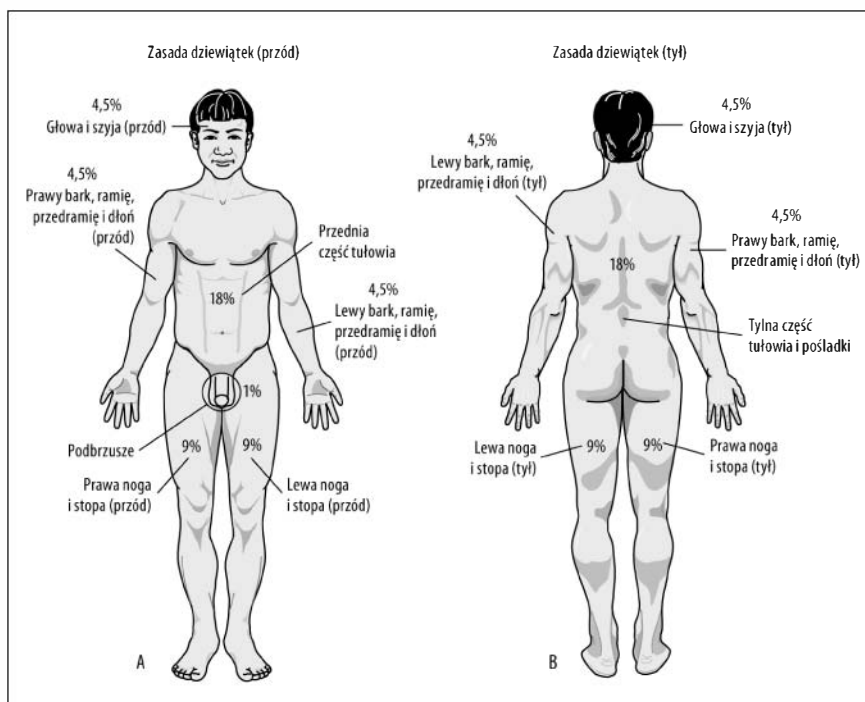


- ✓ **Oparzenia pierwszego stopnia.** Każdy chyba wie, czym jest oparzenie słoneczne, i jeżeli nigdy nie zdarzyło Ci się go doświadczyć na własnej skórze, możesz uważać się za szczęściarza. Czy wiesz jednak, że jest ono też na ogół oparzeniem pierwszego stopnia? Oddziałuje ono wyłącznie na warstwę naskórka, zaś jego objawem jest zaczerwienienie, któremu towarzyszy informacja o bólu, przekazywana przez receptory skóry do mózgu. Brak jest jednak bąbli lub obrzęków. Oparzenia te po pewnym czasie znikają bez śladu.
- ✓ **Oparzenia drugiego stopnia.** Obejmują one cały naskórek i górną część skóry właściwej. Cechują się zaczerwienieniem oparzonego miejsca oraz bólem, któremu towarzyszy pojawianie się bąbli wypełnionych treścią surowiczą — ich liczba świadczy o powadze obrażeń. Tak oparzona skóra regeneruje się od 10 do 14 dni i pozostają na niej blizny minimalne, lecz jeżeli oparzenie jest głębokie i rozległe, regeneracja może potrwać nawet cztery miesiące i pozostawić po sobie widoczne blizny.
- ✓ **Oparzenia trzeciego stopnia.** Są to poważne oparzenia, które obejmują naskórek i skórę właściwą, powodując zniszczenie naczyń krwionośnych, gruczołów, mieszków włosowych i receptorów, przez co po krótkim czasie towarzyszący oparzeniu ból zanika całkowicie. Oparzone miejsce może przybierać różną barwę, od białej, przez czerwoną, po ciemnobrązową, a nawet czarną. Ze względu na zniszczenie naczyń krwionośnych, oparzenia takie goją się bardzo powoli, a także ułatwiają wdanie się zakażenia, gdyż układ krwionośny nie jest w stanie zaopatrzyć danego miejsca w substancje potrzebne do zwalczania infekcji. Uszkodzenie gruczołów łojowych utrudnia też zatrzymywanie wody, zaś pozbawiona włosów skóra jest słabiej izolowana przed zimnem.

✓ **Oparzenia czwartego stopnia.** Oparzenia takie są potencjalnie śmiertelne, o ile nie dotyczą małego obszaru ciała. Obejmują one swoim zasięgiem nie tylko wszystkie warstwy skóry, ale także mięśnie i znajdujące się pod nimi organy, sięgając aż do samych kości.

Aby ocenić obszar ciała objęty oparzeniami, lekarze korzystają z tzw. *zasady dziewiątek* (patrz rysunek 6.2.). Polega ona na podzieleniu całego ciała na części stanowiące wielokrotność 9% jego powierzchni, które sumują się do 99% (pozostały 1% oznacza rejon genitaliów). Głowa i szyja liczą się jako 9% (po 4,5% dla przodu i tyłu), podobnie jak każda ręka (podzielone również na obszar przedni i tylny liczony jako 4,5%). Na brzuch i plecy przypada po 18%. Każda noga to z kolei 18% powierzchni (9% przód i 9% tył). Tak więc jeśli usłyszysz kiedyś, że poparzenia obejmują 45% ciała, będziesz wiedzieć, w jaki sposób lekarz oszacował tę wartość.

Rysunek 6.2. Zasada dziewiątek stosowana w celu oszacowania obszaru ciała objętego oparzeniem. Wartość każdej z części ciała została podana dla jej części przedniej (A) i tylnej (B)



Źródło: LifeART®, Super Anatomy 2, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Leczenie oparzeń polega głównie na zapobieganiu powikłaniom. Utracie wody zapobiega się poprzez podawanie płynów dożylnie, zaś utrzymywanie pacjenta w ciepłym pomieszczeniu chroni go przed utratą ciepłoty ciała. Choć może wydawać się to dziwne, ofiary oparzeń często naświetla się w tym celu specjalnymi lampami. Ograniczanie kontaktów z innymi oraz właściwe zabezpieczanie oparzonych miejsc środkami dezynfekcyjnymi i opatrunkami chroni natomiast pacjenta przed infekcją.



Kiedy konieczne jest zrekonstruowanie zniszczonych okolic, lekarze zdejmują resztki skóry i przeszczepiają w dane miejsce skórę z innego fragmentu ciała pacjenta (transplant *autogeniczny*) lub z ciała innego człowieka (transplant *allogeniczny*), choć w tym drugim przypadku zawsze istnieje ryzyko odrzucenia. W ostatnim czasie tkanki zaczęto jednak także wytwarzać w laboratoriach. *Hodowla tkanek* polega na pobraniu komórek naskórka od pacjenta i wyhodowaniu z nich większych arkuszy tkanki, które następnie przeszczepia się w zranione miejsca. Metoda ta jest w zasadzie tym samym co transplantacja autogeniczna, ale pozwala na pokrycie znacznie większych obszarów zniszczonej tkanki niż w przypadku wykorzystywania skóry ze zdrowych miejsc ciała pacjenta. Sama hodowla nie jest procesem długotrwałym, gdyż z fragmentu naskórka mierzącego 3 cm² w czasie krótszym niż miesiąc można wyhodować jego ilość wystarczającą do pokrycia całej powierzchni ciała. Tak właśnie przejawia się siła nauki w służbie anatomii.

Część III

Przejdźmy do fizjologii

The 5th Wave By Rich Tennant



Widzę, że już rozumiecie, gdzie znajdują się poszczególne części ciała, ale powinniście wiedzieć, że równie ważne jest to, co zachodzi wewnątrz. Dlatego też musicie pobabrać się nieco we krwi i flakach!

W tej części...

posługując się metaforą samochodu, można powiedzieć, że poprzednia część — poświęcona anatomii — miała za zadanie wyjaśnić Ci budowę „karoserii” ludzkiego ciała, zaś w tej skupimy się na mechanizmach działania „silnika”, pozwalającego na poruszanie się całego pojazdu.

W rozdziałach 7 – 13 przyjrzymy się bliżej poszczególnym układom: nerwowemu, wydzielniczemu, krążenia, oddechowemu, pokarmowemu, wydalniczemu i odpornościowemu (wiem, pominęłam układ rozrodczy, ale jemu poświęcona została cała część IV). Większość zjawisk zachodzących w ludzkim ciele przebiega cykliczne, co postarałam się uwzględnić, pisząc niniejszą część książki.

Wiedza o powtarzalnych procesach zachodzących w ludzkich ciałach ułatwia nam zrozumienie anatomii i fizjologii. Kiedy wiesz, co się dzieje z Twoim organizmem, możesz doświadczyć większego poczucia kontroli nad własnym ciałem i działaniami mogącymi mieć na nie wpływ.

Rozdział 7

Granie na nerwach: układ nerwowy

.....

W tym rozdziale:

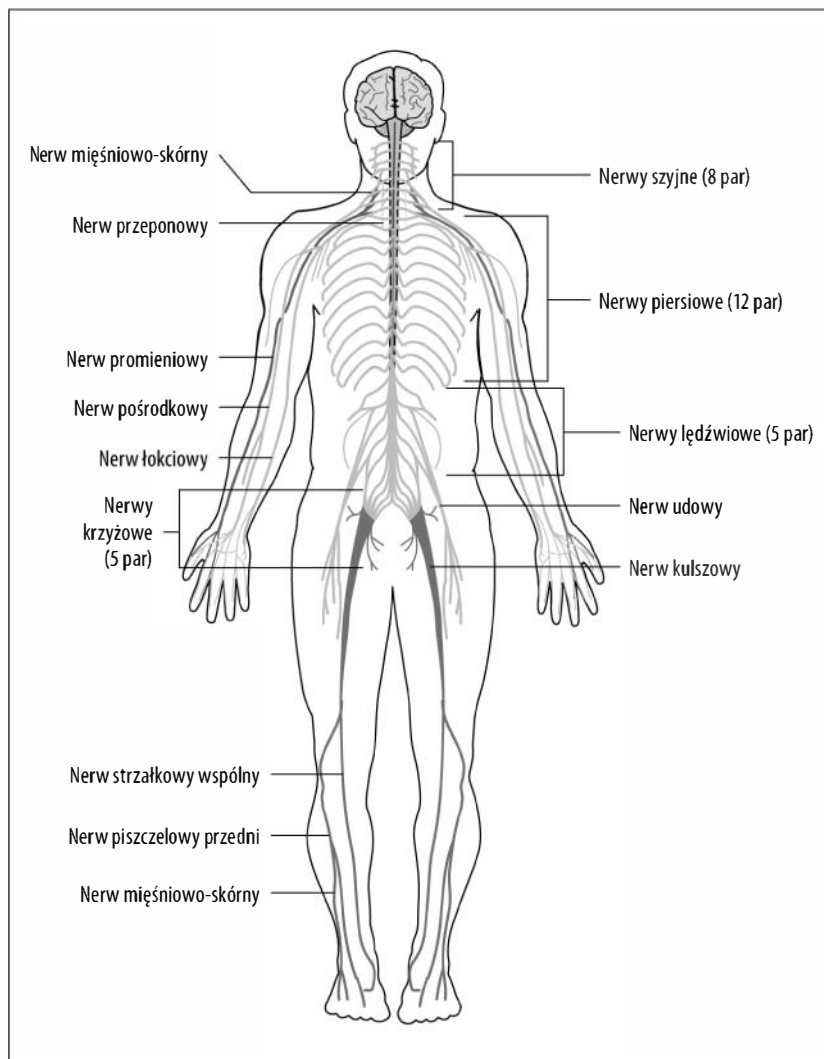
- ▶ Mózg i rdzeń kręgowy: OUN.
 - ▶ Sieć nerwów tworzących złożony, lecz sprawny system.
 - ▶ Przekazywanie impulsów przez komórkę i synapsy.
 - ▶ Otrzymywanie impulsów: pięć Twoich zmysłów.
 - ▶ Degeneracja tkanek i splątanie nerwów.
-

Pomyśl tylko. Bez układu nerwowego człowiek nie byłby w stanie niczego dokonać. Nie mógłby uciec przed lwem, zawiązać butów czy głaskać się po brzuchu, jednocześnie klepiąc się po głowie. Mózg nie otrzymywałby impulsów dotyczących tego, że wokół jest zimno, albo że skóra zetknęła się z czymś ostrym lub gorącym. Nie mógłby poczuć dotyku partnera, matki ani dziecka. A co najgorsze, nie byłby w stanie przeczytać tej książki!

Na szczęście Ty możesz ją czytać, więc Twój system nerwowy funkcjonuje całkiem nieźle. W niniejszym rozdziale postaram się wyjaśnić, w jaki sposób przekazuje on informacje do poszczególnych części mózgu i jak kontroluje wszystkie ważne procesy. Dowiesz się też, co się dzieje, gdy układ nerwowy zaczyna szwankować.

Dobrze utkana sieć

Kiedy widzę układ nerwowy, zawsze kojarzy mi się on z pajęczą siecią. Popatrz na rysunek 7.1. i oceń sam, czy mam rację. Podobnie jak ona, układ nerwowy jest dobrze zorganizowaną strukturą stworzoną ze splatających się wzajemnie nici, które są cienkie, ale jednocześnie dość wytrzymałe.



Rysunek 7.1.
Układ nerwowy

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Poruszanie się po układzie nerwowym



Układ nerwowy dzieli się na *centralny układ nerwowy* (CUN), złożony z mózgu i rdzenia kręgowego, i *ośrodkowy układ nerwowy* (OUN), na który składają się nerwy odchodzące od mózgu i rdzenia kręgowego. Zbudowane są one z włókien nerwowych łączących je z CUN. Istnieją dwa rodzaje tych nerwów: *motoryczne*, wysyłające impulsy z CUN, i *sensoryczne*, przewodzące impulsy do CUN. Jak napisałam wyżej, CUN składa się z mózgu i rdzenia kręgowego, OUN natomiast zawiera:

- ✓ **nerwy czaszkowe** odchodzące od mózgu;
- ✓ **nerwy rdzeniowe** odchodzące od rdzenia kręgowego;
- ✓ **włókna czuciowe** znajdujące się we wszystkich partiach ciała i wysyłające impulsy do CUN za pośrednictwem nerwów czaszkowych i rdzeniowych;
- ✓ **włókna motoryczne** doprowadzające impulsy nerwowe z CUN do mięśni i gruczołów za pośrednictwem nerwów czaszkowych i rdzeniowych.

OUN dzieli się dodatkowo na:

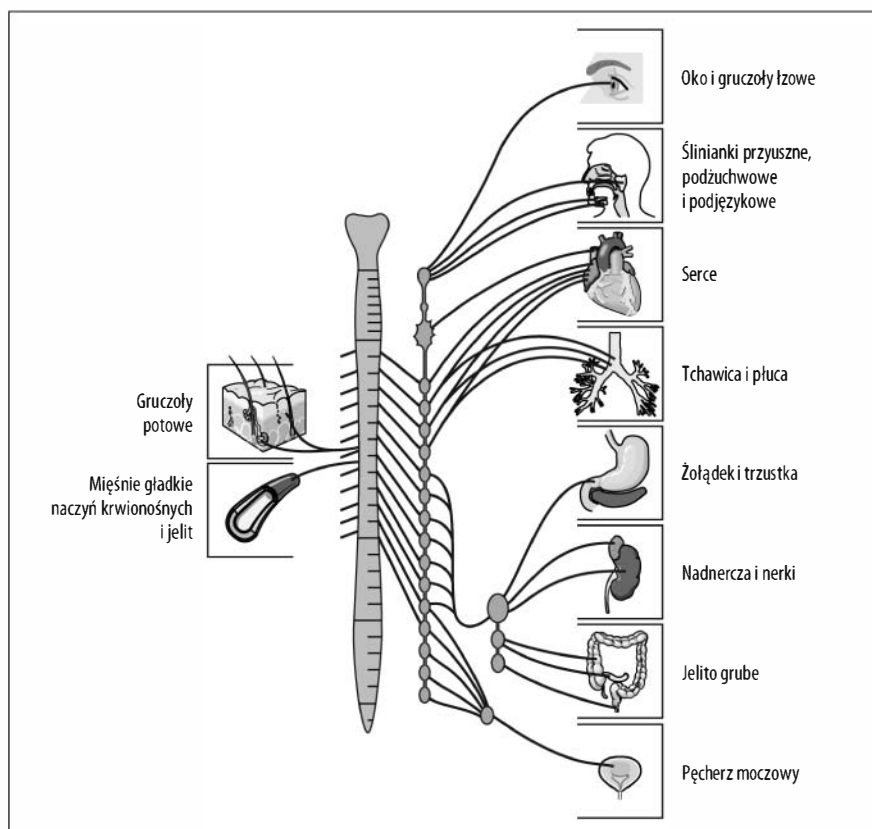
- ✓ **Układ somatyczny** składający się z włókien motorycznych wysyłających impulsy z CUN do mięśni szkieletowych i włókien czuciowych (przekazujących informacje z receptorów znajdujących się w skórze) oraz inicjujących reakcję na takie impulsy (więcej na ten temat w sekcji poświęconej receptorom i efektorom).
- ✓ **Układ autonomiczny** składający się z włókien motorycznych wysyłających impulsy z CUN do gruczołów, serca i niezależnych od naszej woli mięśni gładkich (otaczających narządy wewnętrzne). Układ ten dzieli się na:
 - **sympatyczny układ nerwowy**, którego nerwy odchodzą od piersiowego i lędźwiowego odcinka rdzenia kręgowego (patrz rysunek 7.2.);
 - **parasympatyczny układ nerwowy**, którego nerwy odchodzą od mózgu i odcinka krzyżowego.
- ✓ Oba te układy kontrolują wewnętrzne, samoczynne procesy, które zachodzą niezależnie od naszej woli i świadomości, takie jak oddychanie, trawienie czy bicie serca.

Integracja wejścia z wyjściem

Zanim przedstawię strukturę nerwu i opowiem o tym, jak przesyła on impulsy (informacje chemiczne wywołane bodźcem elektrycznym), najpierw opiszę podstawowe zadania układu nerwowego. Posiada on bowiem trzy częściowo nakładające się funkcje.

Odbiór danych sensorycznych

Funkcja ta polega na informowaniu CUN i ułatwianiu narządom dopasowania się do aktualnych warunków. Jeżeli zatem widzisz coś, co budzi w Tobie lęk, dane te uaktywniają u Ciebie *reakcję walki* lub *ucieczki*. Odbieranie danych umożliwia późniejsze przesyłanie impulsów z receptorów, znajdujących się m.in. w skórze (patrz rozdział 6.), do rdzenia kręgowego, a następnie do mózgu.



Rysunek 7.2.
Sympatyczny
układ nerwowy

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 3*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Załóżmy, że idziesz w nocy ciemną alejką (nie wiem, dlaczego miałoby tak być, ale jest to tylko hipotetyczne rozważanie). Nagle zza śmietnika wyskakuje duży oprych. Momentalnie dostrzegasz zagrożenie, ponieważ Twoje oczy wysłały informację o zmianie warunków zewnętrznych. Mózg pobudza się do działania i za pośrednictwem sympatycznej części OUN wysyła impuls do nadnerczy, aby uwolniły adrenalinę. Substancja ta zmienia działanie organizmu, przyspieszając akcję serca i zwiększając dopływ krwi do mięśni, które zostają wykorzystane do walki lub ucieczki.

Integracja

Głównym zadaniem CUN jest analiza informacji otrzymywanych z całego ciała. Znajdujące się w nim *interneurony* (komórki nerwowe położone pomiędzy neuronami sensorycznymi i motorycznymi) odbierają impulsy pochodzące z nerwów sensorycznych i wysyłają właściwe do nerwów motorycznych, odpowiedzialnych za konkretne działania.

Wynik motoryczny

Układ nerwowy stymuluje też mięśnie i pobudza gruczoły dokrewne. Nerwy przesyłające informacje, w wyniku których w organizmie zachodzą konkretne zmiany, noszą nazwę *efektorów*. Motoryczne włókna nerwowe należą właśnie do tej grupy, gdyż przesyłają impulsy z CUN do innych organów.

Zacznijmy od komórki nerwowej



Nerwy zaczynają się od *neuronów*, czyli komórek nerwowych przenoszących impulsy. Poza nimi w tkance nerwowej znajdują się także *komórki glikowe*, które pełnią funkcję pomocniczą względem nich.

Neurony

Rysunek 7.3. przedstawia strukturę neuronów sensorycznych i motorycznych.

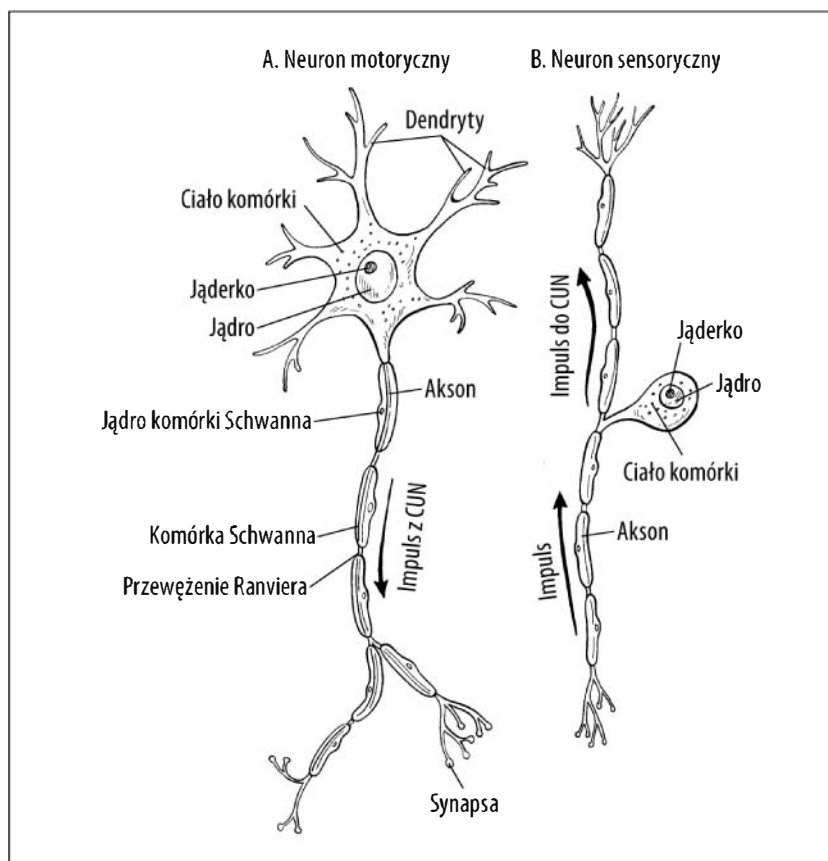
Neurony składają się z trzech części, choć ogólny wygląd komórki może się różnić w zależności od pełnionej przez nią funkcji (tzn. motorycznej lub sensorycznej). Wspomniane części to:

- ✓ **ciało komórki**, które zawiera jądro i inne organelle pozwalające na funkcjonowanie neuronu (patrz rozdział 3.);
- ✓ **dendryty** otrzymujące informacje z innych neuronów i przesyłające impulsy w stronę ciała komórkowego;
- ✓ **akson** znajdujący się po przeciwnej stronie ciała komórki niż dendryty i wysyłający impulsy do innych komórek.

Komórki glikowe

Komórki glikowe wspomagają neurony, pełniąc funkcję odżywczą i ochronną. Dzielą się one na trzy rodzaje:

- ✓ **Astrocyty** tworzą połączenia pomiędzy kapilarami a neuronami, umożliwiając dopływ substancji odżywczych i pozbywanie się produktów przemiany materii.
- ✓ **Komórki mikrogleju** zapożyczają uszkodzone miejsca, pochłaniają drobnoustroje i usuwają szkodliwe substancje.
- ✓ **Komórki Schwanna** tworzą szerokie pierścienie otaczające akson, a następnie wytwarzają osłonkę mielinową osłaniającą nerw. Nikt nie chce, aby jego nerwy uległy uszkodzeniu, prawda?



Rysunek 7.3.
Struktura neuronu motorycznego (A) i sensorycznego (B) oraz droga impulsu

Przekazywanie impulsów

Impulsy nerwowe działają na zasadzie domina. Kiedy neuron otrzymuje pewien bodziec, musi przekazać go następnemu i upewnić się, że będzie on przesyłany dalej. Wykorzystując określone zjawiska chemiczne, dendryty przechwytyją impuls z aksonu poprzedniej komórki, a następnie przesyłają go do ciała własnej, jej aksonu i, ostatecznie, do dendrytów następnego neuronu. Cały proces przesyłu sygnału nerwowego przez pojedynczą komórkę trwa około 7 milisekund, a więc krócej niż uderzenie pioruna. Poniżej znajdziesz dokładne wyjaśnienie tego zjawiska.



1. Polaryzacja błony neuronu: sód znajduje się na zewnątrz, potas — wewnątrz komórki.

Podobnie jak inne komórki, także neurony otoczone są błoną komórkową. Kiedy neuron nie podlega stymulacji, czyli nie przekazuje żadnego sygnału, jego błona jest spolaryzowana, co oznacza, że ładunek

elektryczny zgromadzony na jej zewnętrznej powierzchni ma znak dodatni, zaś ładunek po jej wewnętrznej stronie ma znak ujemny. Na zewnątrz komórki znajdują się bowiem nadmiarowe jony sodu (Na^+), zaś wewnątrz jony potasu (K^+). *Jony* to atomy posiadające dodatni lub ujemny ładunek elektryczny (patrz też rozdział 5.).

Zapewne zastanawiasz się teraz, jakim cudem ładunek wewnątrz komórki może być ujemny, skoro znajdują się tam jony o ładunku dodatnim. Dobre pytanie. Dzieje się tak, ponieważ poza jonami potasu w komórce znajdują się też naładowane ujemnie cząsteczki białek i kwasu nukleinowego, przez co jej wnętrze posiada ładunek ujemny w porównaniu do jej części zewnętrznych.

A teraz odpowiedźmy sobie na jeszcze jedno pytanie. Dlaczego jony sodu i potasu pozostają po przeciwnych stronach błony, skoro są w stanie przez nią przeniknąć? Jeżeli taka myśl przeszła Ci przez głowę, zasługujesz na dużą pochwałę. Odpowiedź na to pytanie jest dość prosta. W rzeczywistości jony przechodzą przez błonę, ale matka natura pomyślała o wszystkim. W błonie komórkowej znajdują się tzw. *pompy sodowo-potasowe* przenoszące jony Na^+ na zewnątrz, a jony K^+ do wewnątrz. Ładunek jonu zmniejsza zaś przepuszczalność błony, utrudniając przenikanie innym cząsteczkom.

2. Potencjał spoczynkowy pozwala neuronowi odpoczywać.

Kiedy neuron jest nieaktywny i spolaryzowany, mówimy, że znajduje się w stanie spoczynkowym. Pozostaje on w nim do chwili pojawienia się impulsu.

3. Potencjał czynnościowy: jony sodu przechodzą do wnętrza komórki.

Kiedy bodziec dociera do neuronu będącego się w stanie spoczynku, znajdujące się w błonie kanały transportu jonów ulegają otwarciu, wpuszczając tym samym do wnętrza komórki jony Na^+ . W ten sposób neuron staje się *zdepolaryzowany*.

Kiedy był spolaryzowany, jego zewnętrzna część posiadała ładunek dodatni, zaś wnętrze — ujemny. Kiedy zatem dodatnie jony sodu napływają do neuronu, nabiera on ładunku dodatniego, co zaburza stan polaryzacji i zbliża ładunek komórki do wartości progowej.

Każdy z neuronów posiada pewną wartość progową ładunku, powyżej której nie jest on w stanie zatrzymać reakcji. Kiedy bodziec przekroczy tę wartość, otwierają się dodatkowe kanały transportu jonów, wpuszczając do wnętrza komórki więcej Na^+ , co całkowicie depolaryzuje neuron i tworzy *potencjał czynnościowy*. W tym stanie komórka nerwowa otwiera kanały transportu Na^+ na całej powierzchni błony. Jest to działanie o charakterze binarnym: albo wartość progowa zostaje przekroczona i otwarciu ulegają wszystkie kanały transportu, albo też żaden dodatkowy kanał nie zostaje otwarty.

Kiedy impuls przekazywany jest wzdłuż aksonu okrytego osłonką mielinową, przemieszcza się on tylko pomiędzy fragmentami jej pozbawionymi, noszącymi nazwę *przewężeń Ranviera* i istniejącymi w każdej komórce Schwanna.

4. Repolaryzacja: jony potasu przechodzą na zewnątrz komórki, jony sodu zostają w środku.

Po wypełnieniu wnętrza komórki przez jony Na^+ kanały transportu pozwalają jonom K^+ przejść na zewnątrz błony. Kiedy to nastąpi, błona ulega ponownej polaryzacji, choć jest ona odwrotna w stosunku do stanu sprzed aktywacji neuronu. Po otwarciu kanałów transportu K^+ zamykają się kanały transportujące Na^+ , gdyż w przeciwnym razie repolaryzacja byłaby niemożliwa.

5. Hiperpolaryzacja: ilość jonów potasu na zewnątrz komórki jest większa niż ilość jonów sodu w jej wnętrzu.

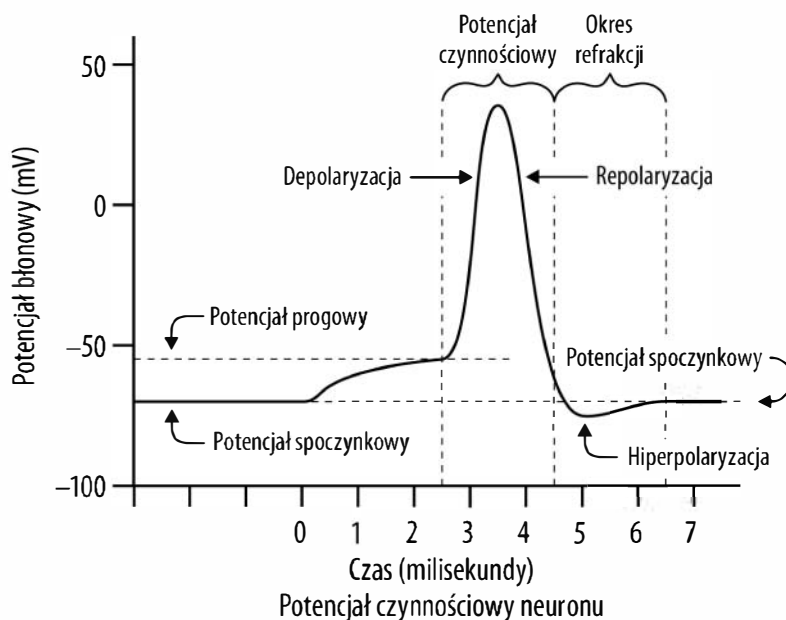
Kiedy kanały transportu K^+ ulegają zamknięciu, neuron posiada nieco więcej jonów K^+ na zewnątrz niż jonów Na^+ w środku. Dzięki temu potencjał komórki spada poniżej potencjału spoczynkowego. Nosi to nazwę hiperpolaryzacji, ponieważ zgromadzony ładunek jest wyższy (mniejszy potencjał błony oznacza, że może on bardziej „urosnąć”). Etap ten trwa jednak krótko (w porównaniu do innych, które także nie są zbyt długie). Kiedy impuls zostanie przekazany dalej, potencjał czynnościowy ulega rozładowaniu, a błona komórkowa wraca do poprzedniego stanu (tzn. odzyskuje potencjał spoczynkowy).

6. W okresie refrakcji (okres niewrażliwości komórki na bodźce) wszystko wraca do poprzedniego stanu: potas przemieszcza się do środka, a sód na zewnątrz.

Okres refrakcji następuje, gdy jony Na^+ i K^+ wracają na swoje pierwotne miejsce. Dopóki proces ten nie ulegnie zakończeniu, neuron nie odpowiada na dalsze bodźce (podobnie jak człowiek czymś zajęty nie podnosi słuchawki dzwoniącego telefonu). Kiedy pompa sodowo-potasowa przywróci jonom ich właściwe pozycje, komórka nerwowa wraca do stanu spolaryzowanego i pozostaje w nim, dopóki nie pojawi się kolejny impuls nerwowy.

Na rysunku 7.4. przedstawiony został wykres przekazu impulsu nerwowego.

Pomiędzy aksonem jednego neuronu a dendrytami drugiego istnieją przerwy przypominające nieco przewężenia Ranviera (patrz rysunek 7.3.). Neurony nie stykają się bezpośrednio i dlatego sygnał musi przekroczyć szczelinę synaptyczną, aby przejść do następnej komórki. W mózgu przekaz jest możliwy dzięki oddziaływaniu elektrycznemu, ale w innych częściach ciała przekazywanie sygnału wygląda następująco:



Rysunek 7.4.
Przekaz impulsu
nerwowego:
potencjał spo-
czynkowy i po-
tencjał działa-
niowy



1. Otwierają się kanały wapniowe.

Błona znajdująca się na końcu przekazującego sygnał aksonu ulega depolaryzacji i otwierają się kanały transportu jonów, pozwalając przedostać się do komórki jonom wapnia (Ca^{2+}).

2. Wydzielanie neuroprzekaźnika.

Kiedy jony wapnia napływają do komórki, w synapsach pojawia się związek chemiczny noszący nazwę *neuroprzekaźnika*.

3. Neuroprzekaźnik wiąże się z receptorami neuronu.

Neuroprzekaźnik pokonuje szczelinę synaptyczną i wiąże się z białkami znajdującymi się na powierzchni błony komórkowej neuronu przyjmującego impuls. Służą one jako specyficzne receptory (tzn. różne białka reagują na różne neuroprzekaźniki).

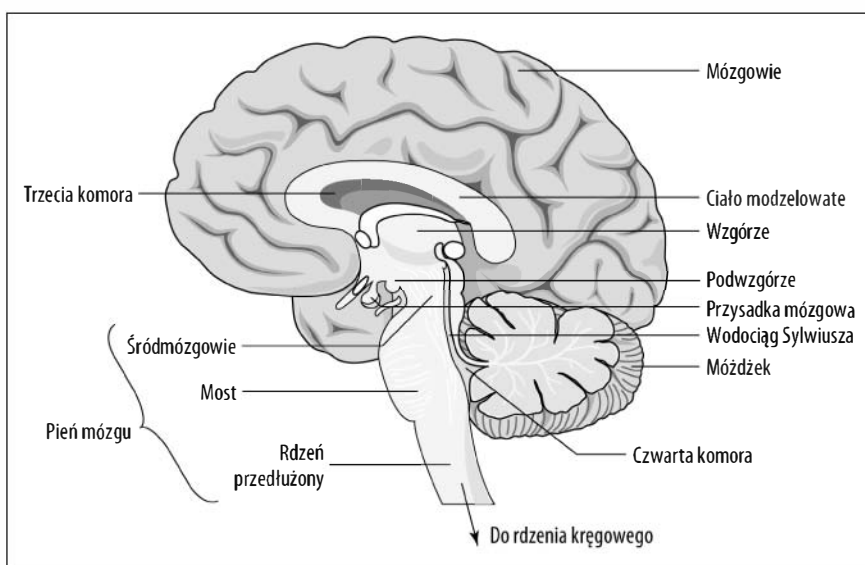
4. Zachodzi pobudzenie lub zatrzymanie działania błony komórkowej.

To, czy neuroprzekaźnik wywoła pobudzenie, czy zatrzymanie działania błony komórkowej, zależy od charakteru tego związku. Przykładowo jeśli otwiera on kanały transportu Na^+ , błona komórkowa ulegnie depolaryzacji, pozwalając na przekazanie impulsu wzdłuż neuronu. Jeżeli otwarciu ulegają kanały transportu K^+ , błona ulegnie hiperpolaryzacji, zatrzymując działanie komórki i dalsze przekazywanie impulsu.

Jeżeli zastanawiasz się, co się dzieje z neuroprzekaźnikiem po tym, jak już połączy się z receptorem, oznacza to, że zaczynasz dobrze rozumieć podstawowe procesy fizjologiczne. A oto, co tak naprawdę wtedy zachodzi: gdy neuroprzekaźnik wywoła już określony efekt (pobudzenie lub zatrzymanie), receptor uwalnia go i wraca on do synapsy. Następnie komórka usuwa zużyte cząsteczki, które wracają do błony komórkowej, aby mogły zostać wykorzystane ponownie podczas przekazywania kolejnych sygnałów.

Myśleć o mózgu

Jestem pewna, że wiesz, czym jest mózg, ale czy równie dobrze zdajesz sobie sprawę z tego, za co odpowiadają poszczególne jego partie? Co prawda przypomina on względnie jednolitą, szarą i miękką masę, ale w rzeczywistości posiada różne obszary (przedstawione na rysunku 7.5.) pełniące konkretne funkcje.



Rysunek 7.5.
Strzałkowy
przekrój mózgu

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002



Mózgowie dzieli się na kilka części: mózg, móżdżek, międzymózgowie i rdzeń przedłużony. Wewnątrz niego znajdują się też cztery połączone wzajemnie komory.

Zachowanie świadomości: Twój mózg

Kiedy zachowujesz przytomność, przez cały czas korzystasz z mózgu. Stanowi on największą część mózgowia, zaś jego zadaniem jest kontrolowanie naszych świadomych działań.



Mózgowie dzieli się na dwie części, czyli *lewą i prawą półkulę*, a każda z nich składa się z czterech płatów: *czołowego, skroniowego, ciemieniowego i potylicznego*. Nazwy te pochodzą od okrywających te rejony kości czaszki (patrz rozdział 4.). W tabeli 7.1. znajdziesz spis funkcji kontrolowanych przez poszczególne płaty.

Tabela 7.1. Funkcje płatów półkuli mózgowej

Płat czołowy	Płat ciemieniowy	Płat skroniowy	Płat potyliczny
Produkcja mowy	Ogólne pole interpretacyjne	Interpretacja wrażeń	Rozpoznawanie obrazów
Koncentracja	Rozumienie mowy	Pamięć wzrokowa	Widzenie
Rozwiązywanie problemów	Zdolność do używania wyrazów	Pamięć słuchowa	Łączenie obrazów
Planowanie	Wrażenia odbierane ze skóry: zimno, gorąco, nacisk, dotyk, ból	Słyszenie	
Świadoma kontrola mięśni	Inne wrażenia	Uczenie się	

Zewnętrzną powłokę mózgu stanowi *kora mózgowa*. Ciała komórek nerwowych nadają jej szarą barwę, a na jej powierzchni widoczne są *zakręty* przedzielone *bruzdami* i głębszymi *szczelinami*.

Kiedy patrzysz na mózg z góry, możesz zauważyć biegnącą przez środek głęboką szczelinę. Jest to tzw. *szczelina podłużna mózgu* dzieląca go na dwie półkule. Leżące u jej spodu *ciało modzelowate* zawiera okryte (zmielinizowane) włókna nerwowe łączące obie półkule. U osób cierpiących na epilepsję dokonuje się czasami zabiegu przecięcia jego części, aby impulsy elektryczne wywołujące drgawki zatrzymywały się w obrębie jednej półkuli, umożliwiając poprawne funkcjonowanie przeciwnej.

Twój mózdzek

Mózdzek leży w dolnej części mózgowia. Podobnie jak mózg, jest on podzielony szczeliną na dwie półkule i okryty z wierzchu istotą szarą, zaś we wnętrzu zawiera istotę białą (patrz też ramka „Szare i białe”).



Szare i białe

Mózg ma kolor szary, ponieważ jego zewnętrzna warstwa utworzona jest z ciał komórek nerwowych (*istota szara*), które w ten sposób mogą znajdować się blisko naczyń krwionośnych.

Z kolei wewnętrzna część mózgu (w przypadku rdzenia kręgowego — zewnętrzna) składa się z przewodzących impulsy aksonów, których mielinowe osłonki nadają im białą barwę (stąd nazwa „istota biała”).



Móżdżek koordynuje ruchy mięśni. Jeżeli nie umiesz tańczyć, możesz mieć pretensje właśnie do niego. Korzystając z informacji dostarczanych przez mózg, narząd ten sprawia, że nasze ruchy są płynne. Nie twierdząc, że każdy zdrowy człowiek może tańczyć jak Ginger Rogers czy Fred Astaire, ale przynajmniej nie będzie poruszał się jak robot.

Móżdżek zapewnia także właściwą koordynację mięśni. Rozluźnienie wszystkich naraz sprawiłoby, że człowiek nie byłby w stanie wykonać żadnego ruchu. Dlatego też w każdej chwili, także podczas snu, część naszych mięśni jest napięta, by zapewnić właściwą posturę i koordynację, nad czym czuwa właśnie mózdzek.

Solidna podstawa: pień mózgu

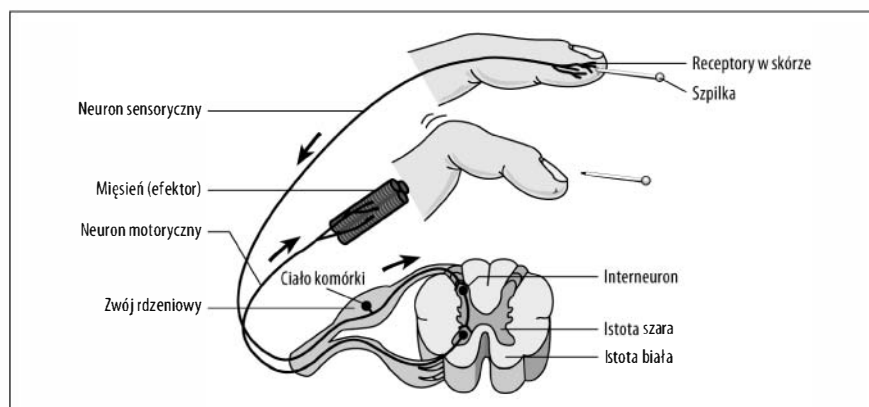


Mózg można porównać do pięknej róży, choć będzie ona dość szara i oślizgła. Dzięki temu porównaniu łatwo się domyślisz, gdzie szukać pnia mózgu, który składa się z trzech części: *śródmózgowia*, *mostu* i *rdzenia przedłużonego*. Ten ostatni przechodzi stopniowo w rdzeń kręgowy i biegnie przez otwór wielki (patrz rozdział 4.) znajdujący się w dolnej części czaszki.

Wewnątrz mózgu, tuż przed mózdzkiem, znajduje się śródmózgowie i most. To pierwsze jest miejscem, w którym dochodzi do wymiany informacji pomiędzy mózdzkiem a mózgiem lub pomiędzy mózgiem a rdzeniem kręgowym. Przez śródmózgowie przechodzą impulsy nerwowe trafiające do rozmieszczonych tam ośrodków słuchu, wzroku i dotyku. Kiedy słyszysz, widzisz lub czujesz coś, co budzi w Tobie lęk, informacja ta wysyłana jest właśnie do śródmózgowia, które odpowiada wygenerowaniem impulsów wywołujących stosowny okrzyk, ruch lub wypowiedź. Część z tych naturalnych reakcji jest mimowolna i powstaje za pośrednictwem *łuków odruchowych*.

Łuki odruchowe (patrz rysunek 7.6.) działają automatycznie, w chwili gdy np. dotkniesz czegoś ostrego lub gorącego. Neurony sensoryczne przekazują wrażenie bólu, temperatury, nacisku i tym podobnych doznań. Jeżeli wykryją coś, co może potencjalnie uszkodzić Twoje ciało (gorący przedmiot

Rysunek 7.6.
Łuk odruchowy



Źródło: LifeART®, Super Anatomy 3, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

zdolny wywołać oparzenie czy też ostrze mogące rozciąć skórę), przez neuron przechodzi impuls biegnący do rdzenia kręgowego, a następnie do neuronów motorycznych wywołujących skurcz mięśnia, który ma odciągnąć daną część ciała od źródła potencjalnego zagrożenia.

Odruchy umożliwiają działanie bez poświęcania czasu na analizowanie sytuacji. Dodatkowo są one tak szybkie, ponieważ informacja o bodźcu nawet nie dociera do mózgu, gdyż zanim się to stanie, rdzeń kręgowy podejmuje stosowne reakcje, mające na celu rozwiązanie problemu. W zwykłych procesach CUN impulsy muszą najpierw dotrzeć do mózgu, który je odpowiednio interpretuje, a następnie wzbudza określone działanie organizmu. Wykorzystanie rdzenia kręgowego jako ośrodka decyzyjnego pozwala zatem skrócić czas potrzebny na reakcję, co w niektórych sytuacjach chroni Cię przed obrażeniami.

Most jest narządem łączącym mózdzek z mózgiem oraz obie półkule mózgu ze sobą. Jest on utworzony z wiązek aksonów, które szybko przekazują impulsy w odpowiedzi na bodźce otrzymane za pośrednictwem wzroku i słuchu.

Rdzeń przedłużony, który następnie przechodzi w rdzeń kręgowy, jest odpowiedzialny za kilka istotnych funkcji, takich jak bicie serca, oddychanie i regulacja ciśnienia krwi. On sam składa się również z aksonów, wysyłających sygnały kontrolujące procesy kaszlu, wymiotowania, kichania oraz przełykania w odpowiedzi na impulsy płynące z układu oddechowego i trawiennego. Rdzeń przedłużony jest także odpowiedzialny za wywoływanie bardzo wszystkich denerwującej czkawki.

Zawartość komórki



Po obu stronach mózgu znajdują się dwie *komory boczne*. Trzecią komorę możemy znaleźć nad środkową jego częścią, zaś czwarta komora leży nad pniem mózgu. Dwie ostatnie połączone są tzw. *wodociągiem Sylwiusza*, który przechodzi w środkowy kanał rdzenia kręgowego.



Słowo wodociąg (łac. *akwedukt*) może kojarzyć Ci się ze starożytnym Rzymem, gdzie zaopatrywały one miasta w wodę. W mózgu wodociągi i komory stanowią system zaopatrujący mózgowie w *płyn mózgowo-rdzeniowy*.

Płyn mózgowo-rdzeniowy jest przejrzystą cieczą wypełniającą cztery komory mózgu, przestrzeń podpajęczynówkową i centralny kanał rdzenia kręgowego. Ma on za zadanie przechwytywać substancje wydalone z komórek CUN i przekazywać je do naczyń włosowatych, które transportują je do krwiobiegu, skąd, ostatecznie, są one usuwane przez nerki. Płyn mózgowo-rdzeniowy chroni też CUN przed wstrząsami.

Prawdopodobnie najważniejszą funkcją tego płynu jest jednak utrzymywanie równowagi jonowej, a co za tym idzie, stabilizowanie błon komórkowych neuronów. Przepływa on pomiędzy komorami bocznymi do komory trzeciej, skąd przedostaje się wodociągiem Sylwiusza do komory czwartej, a następnie do kanału rdzenia kręgowego. Wydziela się z opony pajęczynówkowej okrywającej rdzeń kręgowy i mózg. W przestrzeni podpajęczynówkowej może on przenikać przez kapilary do krwiobiegu.



Podczas *pobierania próbek płynu* płyn mózgowo-rdzeniowy jest ściągany z przestrzeni podpajęczynówkowej za pomocą strzykawki. Robi się to, by zbadać go pod kątem występowania w nim bakterii zdolnych do wywołania zapalenia opon mózgowych bądź białek będących objawami innych zaburzeń, np. choroby Alzheimera.

Regulowanie systemów: międzymózgowie



We wnętrzu mózgu znajduje się międzymózgowie, na które składają się dwa narządy leżące przy ścianach i dnie trzeciej komory, a mianowicie *wzgórze* i *podwzgórze*. Podwzgórze reguluje kwestie snu, głodu, pragnienia, temperatury ciała, ciśnienia krwi i poziomu płynów, a także dba o homeostazę, utrzymując funkcjonowanie wszystkich układów na właściwym poziomie. Możesz traktować ten organ jako centrum sterowania, które wykrywa wszelkie nieprawidłowości w działaniu organizmu. Podwzgórze kontroluje również wysyłanie przez przysadkę mózgową impulsów pobudzających działanie gruczołów dokrewnych (patrz rozdział 8.).



Najciekawszy system

Jeżeli kiedykolwiek zdarzyło Ci się zakochać, uprawiać seks, przywoływać miłe wspomnienia czy czuć wściekłość (przypomina to etapy jednej znajomości, prawda?), za każdym razem wiązało się to z wykorzystaniem układu limbicznego. Nie jest on pojedynczą strukturą, ale raczej układem części mózgu i międzymózgowia, które

pozwalają na pojawianie się treści emocjonalnych. Obszary te odpowiadają za zainteresowanie seksem (libido), pamięć czy ból oraz uczucia takie jak przyjemność, żal, sympatia lub gniew. Choć takie reakcje i emocje nie są najważniejsze dla przetrwania Twojego organizmu, czynią życie bardziej interesującym.

Wzgórze stanowi coś w rodzaju bramy prowadzącej do mózgu. Musi przejść przez nie każdy impuls pochodzący z dowolnego punktu ciała (za wyjątkiem nosa, skąd bodźce trafiają bezpośrednio do mózgu poprzez nerw węchowy). Ze wzgórza dany sygnał jest kierowany we właściwy obszar kory mózgowej (patrz rysunek 7.1.), w którym zawarta w nim informacja zostaje zinterpretowana. Wzgórze można więc porównać z serwerem poczty elektronicznej kierującym nadchodzące listy pod właściwe adresy.

Dochodzić do zmysłów

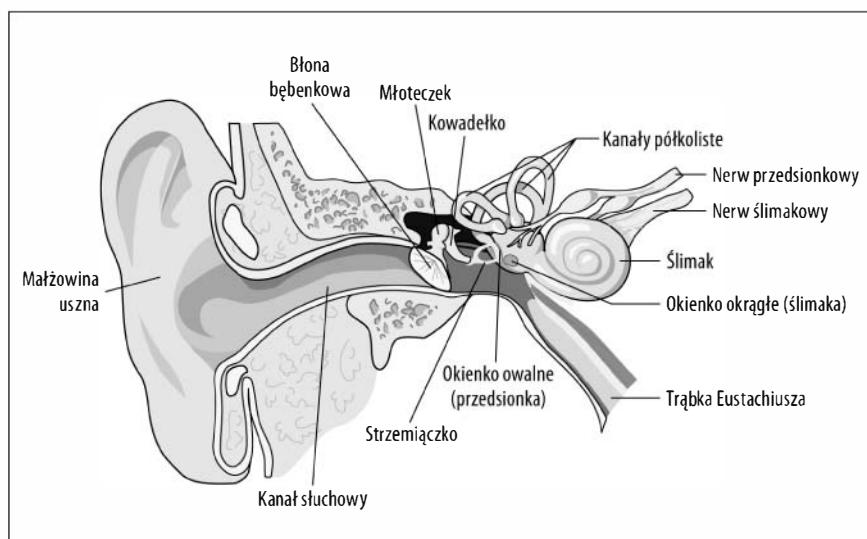
Mózg kontroluje pięć zmysłów: dotyk, słuch, wzrok, smak i zapach. Skóra, będąca jednym z narządów dotyku, zawiera receptory przesyłające bodźce ze środowiska zewnętrznego do mózgu, gdzie informacje te są następnie analizowane i wykorzystywane do podjęcia reakcji. Pozostałe narządy zmysłów, czyli uszy, oczy, język i nos, również zawierają charakterystyczne dla siebie receptory (tabela 7.2.). Skóra została opisana szczegółowo w rozdziale 6., więc tutaj zajmujemy się tylko nimi.

Słyszenie

Twoje uszy (rysunek 7.7.) pozwalają Ci słyszeć dźwięki. Ucho zewnętrzne działa jak lejek skupiający fale dźwiękowe i kierujący je w głąb narządu. W ten sposób docierają one do błony bębenkowej, którą wprawiają w drżenie, przenoszone następnie na *kostki słuchowe*, a potem dalej, do ucha środkowego. Drgania te powodują ruchy płynu wypełniającego ucho środkowe, wywołując tym samym delikatne zmarszczenie drobnych *rząsek*. Jako że impuls nerwowy wysyłany jest w momencie fizycznej zmiany (zmarszczenia) receptora, rząski te określamy mianem *mechanoreceptorów*.

Tabela 7.2. Receptory narządów zmysłów

Narząd	Receptor	Funkcja
Uszy	Mechanoreceptory	Rzęski w uchu wewnętrznym wykrywają ruch bębienka i kostek słuchowych pozwalających na wywoływanie wrażeń słuchowych.
Oczy	Fotoreceptory	Siatkówka oka wykrywa światło, umożliwiając widzenie.
Język	Chemoreceptory	Kubki smakowe wykrywają cząsteczki chemiczne obecne w pożywieniu.
Nos	Chemoreceptory	Rzęski w jamie nosowej wykrywają obecne w powietrzu cząsteczki chemiczne.
Skóra (dotyk, nacisk, ból, temperatura)	Mechanoreceptory (dotyk i nacisk), termoreceptory (zimno i ciepło) oraz nocireceptory (ból)	Wyspecjalizowane zakończenia nerwowe wykrywają poszczególne bodźce (patrz rozdział 6.).


Rysunek 7.7.
Anatomia ucha

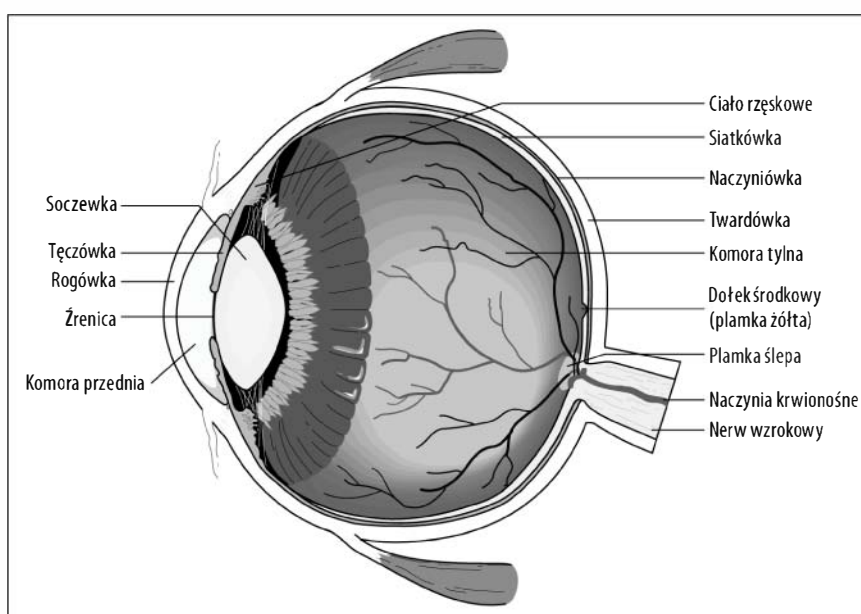
Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Zmarszczenie rzęsek powoduje ruchy tzw. *blony podstawnej*, która wytwarza impulsy wysyłane przez włókna nerwowe ucha wewnętrznego do *ślimakowej odnogi nerwu przedsionkowo-ślimakowego* — jednego z nerwów czaszkowych łączącego się bezpośrednio z pniem mózgu. Pień mózgu przenosi te impulsy (zwane *bodźcami słuchowymi*) do miejsca w mózgu, w którym są one analizowane i rozpoznawane jako konkretne dźwięki. Czas upływający od dotarcia fali dźwiękowej do narządu słuchu do rozpoznania dźwięku jest zwykle bardzo krótki.

Ucho jest też narządem *równowagi* informującym mózg o pozycji, jaką przyjmuje Twoje ciało, i o tym, czy znajduje się w ruchu, czy też nie. Wysyłanie informacji na temat położenia ciała przypomina mechanizm słyszenia. Kiedy się poruszasz, płyn w uchu wewnętrznym także się przemieszcza, drażniąc rzęski. Ich ruch wywołuje z kolei impuls przesyłany przez włókna nerwowe i odbierany przez mózg jako informacja o poruszaniu się. Posiadając te dane, mózg może kontrolować Twoje ruchy, tak aby utrzymać Cię w stanie równowagi.

Widzenie

Wzrok jest najprawdopodobniej najbardziej złożonym ze wszystkich zmysłów. Twoja źrenica (patrz rysunek 7.8.), czyli na ogół czarna plamka znajdująca się w centralnej części oka, kontroluje ilość wpadającego do niego światła. Jest to możliwe dzięki mięśniom *tęczówki*, pięknej, kolorowej obręczy otaczającej źrenicę. Jej rozszerzenie pozwala na wpuszczenie większej ilości światła (np. gdy wchodzimy do ciemnego pokoju albo idziemy gdzieś nocą), natomiast zwężenie źrenicy zmniejsza jego ilość docierającą do wnętrza narządu, co jest przydatne przy silnym oświetleniu. Obie te części oka pokrywa *rogówka*, zaś przyglądając się gałce ocznej z boku, możesz zobaczyć znajdującą się na jej środku przezroczystą część. Jest to *soczewka*, która znajduje się bezpośrednio za źrenicą.



Rysunek 7.8.
Wewnętrzna
budowa oka

W gałce ocznej znajduje się też galaretowate *ciałko szkliste* wypełniające przestrzeń za soczewką. To właśnie ono nadaje oku kulisty kształt i pozwala na doprowadzenie światła do jego tylnej, wewnętrznej ściany. Ściana ta wyłożona jest *siatkówką* składającą się z dwóch rodzajów fotoreceptorów: *pręcików*, wykrywających ruch i światło o niskim natężeniu, oraz *czopków*, pozwalających widzieć barwy i drobne szczegóły. Czopki dzielą się na trzy grupy odpowiadające za widzenie trzech podstawowych barw: czerwonej, niebieskiej i zielonej. Ich brak lub uszkodzenie jest przyczyną daltonizmu.

Światło docierające do czopków i pręcików wzbudza w nich impulsy nerwowe, wysyłane następnie do komórek nerwu wzrokowego łączącego gałkę oczną z mózgiem, w którego płacie potylicznym podlegają one interpretacji.

Węch

Nos jest organem powonienia, ale komórki wykrywające zapachy (brudnych pieluch, jedzenia gotowanego w kuchni czy dowolne inne) znajdują się wyłącznie w górnej części jamy nosowej. Po wciągnięciu nosem powietrza zawarte w nim gazowe substancje chemiczne wędrują do sklepienia jamy, gdzie wiążą się z rzęskami. To z kolei wzbudza impuls nerwowy płynący do komórki węchowej, a następnie do *nerwu węchowego*, do *opuszki węchowej* i, ostatecznie, do mózgu, gdzie jest on interpretowany. Opuszka węchowa leży w tylnej części drogi węchowej, niedaleko miejsca, w którym nerwy węchowe łączą się z mózgiem.



Rodzice mieli rację. Należy jeść marchewki

Jedzenie marchewek faktycznie poprawia zdolność widzenia w nocy.

Kiedy pręciki znajdujące się siatkówce wykrywają ruch i słabe światło, wydzielają substancję chemiczną zwaną *rodopsyną*, która rozkłada się na białko *opsynę* i barwnik *retinal*. Oba te związki wywołują impulsy nerwowe wysyłane do mózgu. Widzenie w ciemności jest trudne, gdyż wzrok musi przyzwyczaić się do zmiany,

ale wytworzenie odpowiedniej ilości rodopsyny jest możliwe. Im więcej jesteś w stanie jej wyprodukować, tym szybciej będziesz mógł dostrzegać przedmioty w ciemności.

A co to ma wspólnego z marchewkami? Otóż retinal, jeden z produktów rozkładu rodopsyny, jest pochodną witaminy A, której marchewki zawierają bardzo dużo.

Smak

Język jest narządem smaku, choć smak wiąże się na ogół ze zmysłem powonienia. Jeżeli ten ostatni jest w jakiś sposób upośledzony (np. kiedy masz katar) i nie widzisz, co jesz, Twój mózg nie posiada wystarczających informacji. Działanie zmysłu smaku przypomina nieco funkcjonowanie węchu. Na języku człowiek posiada *kubki smakowe*, które zawierają chemoreceptory potrafiące rozpoznawać smak słony, słodki, kwaśny i gorzki. Kiedy cząsteczki pożywienia łączą się z drobnymi włóknami w kubkach smakowych, wywołuje to impuls nerwowy przesyłany przez neurony do mózgu. Następnie ten interpretuje informację jako obecność określonego rodzaju pożywienia i wydziela odpowiednie enzymy zdolne je strawić. Dlatego też można powiedzieć, że zmysł smaku jest powiązany z działaniem układu wydzielniczego i trawiennego, a więc pełni funkcję znacznie ważniejszą niż samo umożliwienie nam delektowania się jedzeniem.

Patofizjologia układu nerwowego

W układzie nerwowym może wystąpić wiele różnych zaburzeń. Przerwanie rdzenia kręgowego czy guzy mózgu należą do najpoważniejszych problemów, z jakimi może zetknąć się człowiek. Istnieją jednak równie groźne, lecz dużo trudniejsze do wykrycia choroby, które mogą niepostrzeżenie rozwijać się latami. Poniżej przedstawię kilka z nich.

Stwardnienie rozsiane

Stwardnienie rozsiane jest zaburzeniem działania otoczki mielinowej osłaniającej aksony komórek nerwowych. Otoczka taka pęka i ulega stanowi zapalnemu. Po jego ustąpieniu w pęknięciu tworzy się tkanka bliznowata (stwardnienie). W miarę postępowania choroby uszkodzana jest coraz większa ilość nerwów, co prowadzi do zaburzeń działania kontrolowanych przez nie narządów.

Stwardnienie bliznowate upośledza zdolność nerwu do przekazywania impulsów, co przekłada się na brak możliwości ruchu czy innej reakcji. Chorzy z rozwijającym się stwardnieniem wykazują coraz większe problemy z poruszaniem się, które ostatecznie prowadzą do paraliżu.

Większość ludzi cierpiących na stwardnienie rozsiane zaczyna zauważać pierwsze objawy już w okresie wczesnej dorosłości, ale choroba może rozwijać się przez dziesięciolecia. Na szczęście znane są już dość skuteczne leki przeciwdziałające temu zaburzeniu.

Zwyrodnienie plamki żółtej

Zwyrodnienie plamki żółtej jest zaburzeniem wzroku, które stanowi najczęstszą przyczynę ślepoty. W dzisiejszych czasach występuje ono coraz częściej, gdyż przeważnie dotyczy ludzi starszych, a obecnie obserwujemy stopniowy wzrost średniej długości życia. Samo zaburzenie polega na dysfunkcji plamki żółtej, czyli miejsca cechującego się wysokim zagęszczeniem czopków (fotoreceptorów wykrywających barwy i szczegóły). Jednym z pierwszych jego objawów jest postrzeganie prostych przedmiotów (np. latarni lub pni drzew) jako pofalowanych. Przedmioty małe wydają się większe niż są w rzeczywistości, zaś kolory zaczynają blaknąć. W zaawansowanym stadium osoby cierpiące na zwyrodnienie plamki żółtej postrzegają obraz jako mocno rozmyty.

Jedną z przyczyn takiego zwyrodnienia jest przerost naczyń krwionośnych otaczających plamkę żółtą. Teoretycznie może się to wydawać zmianą na lepsze, ale w tym przypadku jest dokładnie odwrotnie. Naczynia te są bowiem nieszczelne i przesączająca się z nich krew niszczy czopki plamki żółtej. Inną przyczyną uszkodzenia może być nadmierne oddziaływanie promieni słonecznych, co dotyczy zwłaszcza ludzi o jasnym kolorze oczu (zielonym lub niebieskim). Palenie tytoniu i nadciśnienie także mogą zwiększać ryzyko zachorowania. Leczenie przerostu naczyń krwionośnych polega na zastosowaniu terapii laserowej (co działa zwykle tymczasowo) i zwiększeniu ilości cynku w diecie. Niestety, na razie wciąż nie odkryto metody pozwalającej na całkowite powstrzymanie tego zwyrodnienia.

Choroba Alzheimera

Każdy z nas zapomina różnych rzeczy. Nie pamiętamy, gdzie położyliśmy klucze, jak nazywał się nasz znajomy z liceum czy na kiedy umówiliśmy się z drugą osobą. To dość normalne. Czy możesz jednak wyobrazić sobie sytuację, w której tracisz kontrolę nad całą swoją pamięcią? A tak właśnie działa choroba Alzheimera. Choć trudno to sobie wyobrazić, cierpiący na nią ludzie zapominają o tym, że mają dzieci, i przestają rozpoznawać bliskich przyjaciół. W skrajnych przypadkach chorzy nie są w stanie funkcjonować samodzielnie, gdyż nie pamiętają o wykonywaniu podstawowych czynności i zaczynają przejawiać poważne zaburzenia psychiczne.

U ludzi cierpiących na chorobę Alzheimera ciała neuronów zostają otoczone *splątkami neurofibrylarnymi* złożonymi głównie z białka *tau*, wykrywanego często w próbkach płynu mózgowo-rdzeniowego. Inną oznaką tej choroby są *płytki amyloidowe*, czyli warstwy białka otaczające rozgałęzienia aksonów.

W miarę wzrostu liczby splątków neurofibrylarnych i płytek amyloidowych objawy choroby ulegają zaostrzeniu. Podczas autopsji ujawniono, że największe zmiany zachodzą w neuronach płatów czołowych, gdzie znajdują się ośrodki myślenia logicznego, pamięci oraz rozpoznawania ludzi, miejsc i zdarzeń. Na razie nie istnieje skuteczna metoda leczenia choroby Alzheimer.

Rozdział 8

Marudzenie o hormonach: układ wydzielniczy

.....

W tym rozdziale:

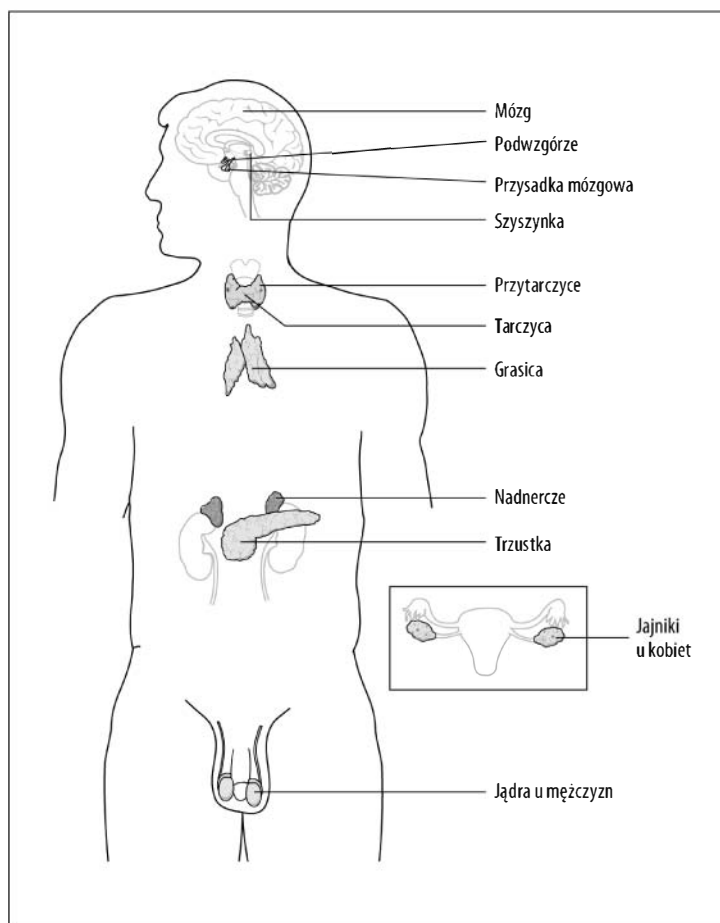
- ▶ Utrzymywanie równowagi układów organizmu za pomocą hormonów.
 - ▶ Przenoszenie substancji chemicznych do krwiobiegu.
 - ▶ Zarządzanie wszystkimi funkcjami ciała.
 - ▶ Kontrolowanie cukrzycy, przerostu tarczycy i choroby Gravesa-Basedowa.
-

Nie wszystkie hormony sprawiają, że kobiety stają się drażliwe i nadmiernie uczuciowe. Co więcej, zmiany hormonalne w żadnym wypadku nie dotyczą samych kobiet. W niniejszym rozdziale postaram się wyjaśnić, czym są hormony, skąd pochodzą i w jaki sposób funkcjonują. Następnie opiszę kilka typowych przypadków zaburzeń hormonalnych. Nie myśl, że o tym zapomnę. Dlaczego zawsze sądzisz, że w moich książkach czegoś brakuje? Nie wierzysz mi? Już mnie nie kochasz! Och, przepraszam... to widocznie moje hormony dają znać o sobie.

Czym są hormony?



Jak obiecałam wyżej, wyjaśnię teraz, czym są *hormony*. Są to substancje chemiczne wytwarzane przez narządy i tkanki systemu wydzielniczego (na ogół przez gruczoły wydzielnicze), a następnie rozprowadzane po całym organizmie za pośrednictwem krwiobiegu. *Układ wydzielniczy* jest więc systemem gruczołów produkujących wszystkie potrzebne hormony (patrz rysunek 8.1.). W niniejszym rozdziale postaram się opisać sposób, w jaki układ ten współpracuje z układem nerwowym (patrz rozdział 7.) w celu zapewnienia optymalnych warunków funkcjonowania organizmu. Układ nerwowy decyduje bowiem o tym, kiedy gruczoły mają rozpocząć lub wstrzymać produkcję hormonów, a te z kolei kontrolują procesy metaboliczne w poszczególnych narządach. W następnych sekcjach tego rozdziału znajdziesz opis poszczególnych typów hormonów, mechanizmów ich działania oraz roli, jaką pełnią one w utrzymywaniu homeostazy.



Rysunek 8.1.
System
wydzielniczy

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Przegląd rodzajów hormonów



Gruczoły systemu wydzielniczego wytwarzają dwie podstawowe klasy hormonów:

- ✓ **hormony sterydowe**, czyli tłuszcze produkowane z cholesterolu;
- ✓ **hormony niesterydowe**, wytwarzane z aminokwasów i białek (więcej informacji o białkach i aminokwasach znajdziesz w rozdziale 2.).

Hormony sterydowe, takie jak estrogen, progesteron, testosteron, aldosteron i kortyzol, to właśnie te, o których mówimy w kontekście „burzy hormonów” czy zespołu napięcia przedmiesiączkowego (PMS). Hormony niesterydowe możemy zaś podzielić na następujące cztery grupy:

- ✓ **hormony białkowe:** insulina, hormon wzrostu i prolaktyna;
- ✓ **hormony aminowe:** epinefryna i norepinefryna;
- ✓ **hormony glikobiałkowe:** hormon stymulujący wzrost włosów (FSH), hormon luteinizujący (LH) i hormon tyreotropowy (TSH);
- ✓ **hormony peptydowe:** hormon antydiuretyczny (ADH) i oksytocyna.

Tabela 8.1. opisuje miejsca wytwarzania i funkcje najważniejszych hormonów sterydowych i niesterydowych.

Tabela 8.1. Ważne hormony, ich źródło i działanie

Hormon	Źródło	Funkcje
Hormon adrenokortykotropowy (ACTH)	Przysadka mózgowa (część przednia)	Stymuluje rozwój kory nadnerczy i wydzielanie przez nią kortykoidów; produkowany w większych ilościach w chwili stresu.
Hormon antydiuretyczny (ADH)	Przysadka mózgowa (część tylna)	Stymuluje nerki do zatrzymywania wody w organizmie, chroniąc go przed odwodnieniem.
Kalcytonina	Tarczycza	Oddziałuje na kości, nerki oraz jelita w celu zwiększenia ilości zatrzymywanego w organizmie wapnia.
Kortykotropina (patrz ACTH)		
Epinefryna/norepinefryna	Rdzeń nadnerczy	Stymulują mięsień sercowy i inne mięśnie w czasie reakcji walki lub ucieczki oraz zwiększają ilość glukozy we krwi, zapewniając w ten sposób większą ilość energii do działania.
Estrogen/progesteron	Jajniki	Poza stymulowaniem wytwarzania komórek jajowych, hormony te oddziałują na mięśnie, kości i skórę, powodując pojawienie się drugorzędnych cech płciowych.
Glukagon	Trzustka	Stymuluje wątrobę, mięśnie i tkankę tłuszczową do wydzielania glukozy do krwi.
Glikokortykoidy	Kora nadnerczy	Te hormony sterydowe (takie jak kortyzol) wpływają na wszystkie tkanki w celu wydzielania przez nie glukozy i podniesienia poziomu tego cukru we krwi.

Tabela 8.1. Ważne hormony, ich źródło i działanie — ciąg dalszy

Hormon	Źródło	Funkcje
Hormon wzrostu (somatotropina)	Przysadka mózgowa (część przednia)	Stymuluje podział komórek tkanek miękkich i kości, syntezę białek oraz rozwój tkanki kostnej.
Insulina	Trzustka	Pobudza anabolizm w komórkach wątroby, mięśni i tkanki tłuszczowej do magazynowania glukozy i obniża w ten sposób poziom cukru we krwi.
Melatonina	Szyszynka	Wpływa na różne tkanki; jej głównym zadaniem jest koordynowanie cyklu dziennego.
Mineralokortykoidy (np. aldosteron)	Kora nadnerczy	Te hormony sterydowe wpływają na komórki nerek, stymulując resorpcję sodu oraz wydzielanie potasu w celu utrzymania równowagi elektrolitowej.
Oksytocyna	Przysadka mózgowa (część przednia)	Hormon obecny tuż przed i po porodzie; stymuluje skurcze macicy oraz działanie gruczołów mlekowych.
Parathormon	Przytarczycy	Oddziałuje na kości, nerki oraz jelita w celu zwiększenia ilości wapnia wydzielanego do krwi.
Prolaktyna	Przysadka mózgowa (część przednia)	Stymuluje produkcję mleka w gruczołach mlekowych.
Testosteron	Jądra	W jądrach pobudza produkcję plemników, a w skórze, mięśniach i kościach stymuluje rozwój męskich cech płciowych.
Hormon tyreotropowy	Przysadka mózgowa (część przednia)	Stymuluje produkcję kalcytoniny i tyroksyny w tarczycy.
Tyroksyna	Tarczycza	Oddziałuje na wszystkie tkanki, przyspieszając ich metabolizm. Odgrywa ważną rolę w procesie wzrostu i rozwoju.

Jak działają hormony

Kiedy gruczoł wydziela określony hormon, trafia on do krwiobiegu, a za jego pośrednictwem do *komórki docelowej*, na którą wpływa, w określony sposób kontrolując jej działanie. Podobnie jak kierownik akademika może dyktować studentom warunki, tak hormon „dyktuje” komórkom zasady zachowania.

Jeżeli wszystko przebiega zgodnie z planem, kierownik taki nie wtrąca się do życia studentów. Kiedy jednak mieszkańcy akademika zaczną łamać zasady, np. robiąc głośną imprezę w nocy, kierownik może podjąć stosowne kroki, mające na celu ukrócenie takich praktyk.

Hormony regularnie dostarczają „instrukcji” komórkom docelowym, a jeśli któraś z nich zaczyna zachowywać się w sposób nieakceptowany bądź potencjalnie szkodliwy, przejmują kontrolę, zmuszając ją do podjęcia określonych działań.

Rzecz jasna sposób, w jaki przebiega taka kontrola, jest dużo bardziej skomplikowany niż w przypadku kierownika udającego się na rozmowę do mieszkańców domu studenckiego. Ponadto hormony sterydowe wpływają na komórki inaczej niż robią to hormony niesterydowe. Poniżej znajdziesz krótki opis mechanizmu stymulacji komórek:

- ✓ **Hormony sterydowe** przenikają przez błonę komórkową i wiążą się z receptorami (cząsteczkami je przyjmującymi) w cytoplazmie. Receptory z dołączonymi hormonami przechodzą do jądra komórki, gdzie aktywują geny odpowiedzialne za syntezę określonych białek (patrz rozdział 2.).
- ✓ **Hormony niesterydowe** mają nieco trudniej. Jako że składają się z aminokwasów i białek, muszą one najpierw związać się z receptorem znajdującym się w błonie komórki docelowej. Następnie hormon (pierwszy informator) przedostaje do wnętrza komórki na drodze transportu aktywnego (patrz rozdział 3.), wydając przy tym ATP. Gdy znajdzie się w środku, dochodzi do wytworzenia drugiego informatora, czyli *cyklicznego adenylosukcynatmonofosforanu* (cyklicznego AMP), co powoduje rozpoczęcie przez komórkę produkcji pożądaných enzymów.

Kiedy efekt zostanie osiągnięty, gruczoł dokrewny otrzymuje informację, aby wstrzymać wydzielanie hormonu, gdyż w przeciwnym razie mogłoby dojść do zaburzenia stanu organizmu. Mechanizm ten opiera się na zasadzie *ujemnego sprzężenia zwrotnego*.

Przykładowo, jeżeli poziom cukru w Twojej krwi jest zbyt wysoki, trzustka otrzymuje sygnał, aby wydzielić dodatkową ilość insuliny pozwalającej na usunięcie części glukozy z krwiobiegu. Kiedy jednak poziom ten spadnie do normalnej wartości, trzustka przestaje wydzielać hormon, aby nie wyeliminować zbyt dużej ilości glukozy. Należy bowiem pamiętać, że niedobór danej substancji może być równie groźny, co jej nadmiar.

Ujemne sprzężenie zwrotne działa w sposób zbliżony do termostatu. Jeżeli ustawisz temperaturę w domu na 20°C, ogrzewanie będzie działało do momentu, w którym zostanie ona osiągnięta, a potem będzie włączać się wyłącznie wtedy, gdy spadnie ona poniżej tej wartości. Informacja wysłana z termostatu sprawia, że ogrzewanie wyłącza się, gdyż w przeciwnym razie temperatura w domu mogłaby przekroczyć 30°C.

Informacja o poziomie cukru we krwi odbierana jest przez podwzgórze, które wysyła stosowny sygnał do trzustki (patrz niżej). Kiedy osiągnięte zostaje właściwe stężenie cukru, podwzgórze ponownie wysyła do trzustki informację, tym razem nakazującą zaprzestania produkcji insuliny.

Utrzymywanie normalności: homeostaza



Homeostaza to bardzo ważny proces testowania i równoważenia parametrów działania organizmu, w którym istotną rolę odgrywają hormony rozprawdane po całym ciele za pośrednictwem krwiobiegu. Kiedy krew przepływa przez określone „czujniki” (jak np. podwzgórze), poziom hormonów ulega sprawdzeniu i ocenie.

Jeżeli okaże się, że jakiegoś hormonu jest zbyt mało, odpowiedni gruczoł otrzyma informację, aby zacząć produkcję pożądaną substancji. Gdy natomiast poziom jest zbyt wysoki, dostaje on sygnał, aby przerwać wytwarzanie. Działanie tego mechanizmu jest możliwe dzięki ściślejszej współpracy układu wydzielniczego (w którym powstają hormony) i nerwowego (który wysyła sygnały o rozpoczęciu lub zaprzestaniu ich produkowania). Nie należy także zapominać o układzie krwionośnym, bez którego zmiana poziomu hormonów byłaby niemożliwa.



Twoje ciało przez cały czas „obserwuje” zachodzące w nim procesy metaboliczne (takie jak utrzymywanie poziomu cukru, temperatury, kwasowości etc.). Kiedy pojawią się w nich odchylenia od normy, narządy biorące udział w utrzymywaniu homeostazy aktywizują układ wydzielniczy w celu ponownego przywrócenia równowagi.

Grupy gruczołów układu wydzielniczego



Gruczoły dzielą się na *egzokrynne* i *endokrynne*:

- ✓ **Gruczoły egzokrynne** produkują substancje inne niż hormony, mające wpływ wyłącznie na tkanki, w których zostały wytworzone. Dobry przykład stanowią znajdujące się w skórze gruczoły łojowe. Wytwarzają one bowiem oleiste substancje utrzymujące elastyczność włosów i skóry, zapobiegając ich wysuszeniu. Substancje te nie są rozprawdane po całym organizmie i nie wpływają na żadne jego części poza mieszkaniami włosowymi. Mogą być wydzielane szybko, ale efekt ich działania jest zwykle krótkotrwały.

✓ **Gruzoły endokrynne** wydzielają hormony do krwiobiegu, skąd wędrują one w miejsca, w których będą mogły wywołać zamierzony efekt.

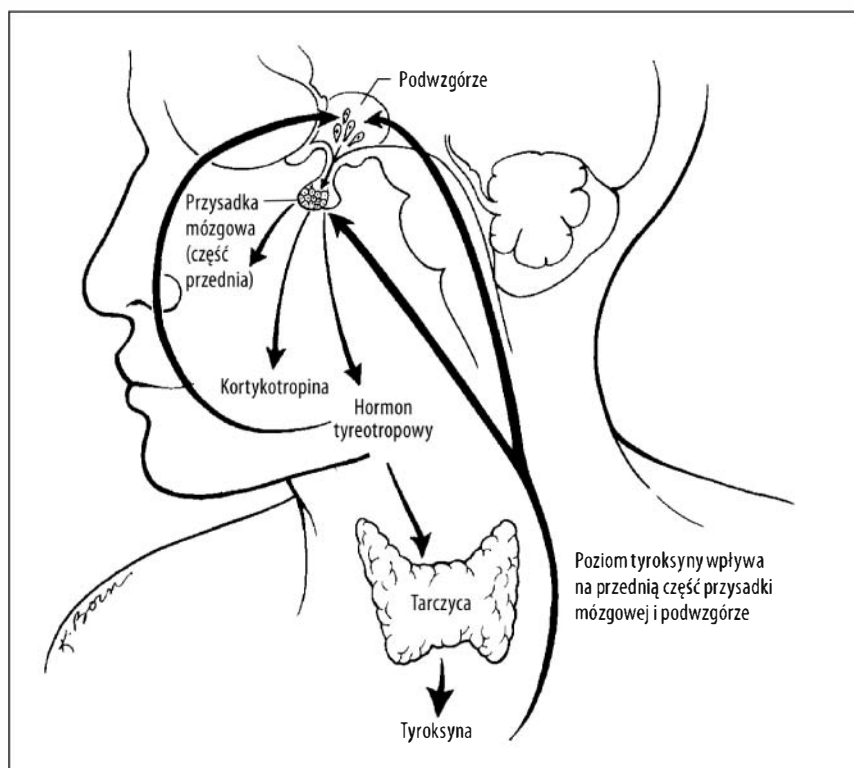
Gruzoły endokrynne nie tylko produkują hormony, ale także rozprawdzają je po całym ciele za pośrednictwem (prawie) wszechobecnej krwi. Krwiobieg jest zatem systemem transportu wszystkich substancji, który na podobieństwo sieci komunikacji zabiera pasażerów na jednej stacji i wysadza ich na innej, zaś każda krwinka jest w tym układzie jednym pojazdem lub wagonem metra. Dotarcie hormonów do komórek docelowych może zająć nieco czasu, ale ich działanie trwa dłużej niż ma to miejsce w przypadku substancji wydzielanych przez gruczoły egzokrynne.

W ciele występuje kilka gruczołów endokrynych, które omówimy kolejno w dalszej części tego rozdziału. Niektóre z nich są też uznawane za samodzielne organy (należy przy tym pamiętać, że mogą one wydzielać także własne hormony). Poniżej przedstawiam kompletną ich listę, od głowy do stóp Twojego ciała (albo raczej do pasa, gdyż w kończynach dolnych nie ma żadnych gruczołów endokrynych). Są to:

- podwzgórze i przysadka mózgowa,
- tarczycyca,
- grasicyca,
- trzustka,
- żółądek,
- jelita,
- nadnerczycyca,
- jajniki i jądra.

Zarządcy: podwzgórze i przysadka mózgowa

Podwzgórze jest często nazywane „głównym gruczołem”, gdyż jest ono odpowiedzialne za kontrolowanie homeostazy, ale samo nie wydziela żadnych hormonów do krwi. Jego działanie polega bowiem na monitorowaniu zawartych w niej substancji oraz na wydzielaniu hormonów do przysadki mózgowej. Poinformowana w ten sposób przysadka może natomiast produkować hormony wpływające na homeostazę. Rysunek 8.2. pokazuje zależności pomiędzy podwzgórzem a przysadką mózgową.



Rysunek 8.2.
Układ podwzgórze i przysadki mózgowej

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Podwzgórze i przysadka mózgowa łączą się w centralnej części mózgu zwanej *trzecią komorą* (patrz rozdział 7.). Przysadka mózgowa dzieli się na dwie części wydzielające osobne hormony: część *przednią (gruczołową)* i część *tylną (nerwową)*, która jest bezpośrednio połączona z podwzgórzem (patrz rysunek 8.2.).

Podwzgórze łączy układ nerwowy z wydzielniczym. Hormony wydzielane przez tylną część przysadki wytwarzane są w ciałach jego neuronów. Wędrują one wzdłuż aksonów komórek nerwowych kończących się w tylnej części przysadki.

Jednym z hormonów wytwarzanych w podwzgórz, lecz wydzielanych przez przysadkę mózgową, jest hormon antydiuretyczny (ADH), znany też jako *wazopresyna*. Proces homeostazy dba m.in. o to, aby krew zawierała odpowiednią ilość wody, więc w podwzgórz istnieją specjalne receptory reagujące na sytuację, w której jest ona zbyt zagęszczona. Reakcja ta polega na wytworzeniu przez podwzgórze odpowiedniej ilości ADH, który przechodzi wzdłuż aksonów komórek nerwowych do przedniej części przysadki. Ta z kolei uwalnia ten hormon do krwiobiegu. Miejscem docelowym ADH są komórki znajdujące się w nerkach.

Korzystając z transportu aktywnego, ADH wnika do komórek kanalików nerkowych i modyfikuje ich działanie, tak aby odzyskiwały i oczyszczały więcej wody z tzw. moczu pierwotnego i kierowały ją do krwiobiegu. Powoduje to, że mocz ostateczny staje się bardziej stężony, co także jest zjawiskiem niepożądanym, choć zdecydowanie mniej groźnym niż niedobór wody w układzie krwionośnym. Regularne spożywanie zbyt małej ilości wody może doprowadzić do chronicznego odwodnienia, które spowoduje poważne zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu (np. powstanie kamieni nerkowych), dlatego nie zmuszaj swojego podwzgórza i przysadki do zbyt ciężkiej pracy i pij zalecaną ilość płynów (ok. 4 litrów dziennie).

Podwzgórze produkuje *podwzgórzowe hormony uwalniające wydzielanie* i *podwzgórzowe hormony hamujące wydzielanie*, które kierowane są do przedniej części przysadki mózgowej połączonej z podwzgórzem za pomocą drobnych naczyń krwionośnych. Ta odpowiednio wytwarza bądź zatrzymuje wytwarzanie jednego z własnych hormonów, do których zaliczają się bardzo istotne substancje, takie jak hormon wzrostu, prolaktyna czy tyreotropina (patrz tabela 8.1.).

Przednia część przysadki mózgowej wydziela też inne hormony, w tym: melanotropinę (MSH), hormony gonadotropowe, takie jak hormon folikulotropowy (FSH) i hormon luteinizujący (LH), oraz hormon adrenokortykotropowy (kortykotropina — ACTH). Melanotropina oddziałuje na melanocyty w skórze, stymulując je do produkcji melaniny, czyli pigmentu. Hormony gonadotropowe wpływają na gonady (organy płciowe) i pobudzają je do produkcji gamet i hormonów płciowych. Zadaniem ACTH jest zaś pobudzanie kory nadnerczy do produkcji innych hormonów. Produkowane przez przednią część przysadki hormony gonadotropowe i ACTH służą zatem jako środek pozwalający na produkcję innych hormonów w innych gruczołach. To samo dotyczy też somatotropiny i tyreotropiny, które same są jedynie substancjami pośredniczącymi w produkcji innych.

Moczówka prosta: to nie nadmiar wody

Moczówka to choroba polegająca na utrzymaniu nienaturalnie wysokiego poziomu cukru (glukozy) we krwi. Efekty tej choroby przypominają cukrzycę, ale podczas gdy ta ostatnia spowodowana jest niedoczynnością trzustki i niedoborem insuliny, przyczyną moczówki jest niedobór ADH. U osób cierpiących na tę chorobę podwzgórze nie wydziela odpowiedniej ilości hormonu antydiuretycznego, przez co nerki nie zwracają do organizmu przefiltrowanej

wody. W wyniku tego krew staje się bardziej zagęszczona niż u zdrowych ludzi, a to z kolei przekłada się na znacznie większe stężenie zawartych w niej substancji, m.in. cukru. Dodatkowo, wydalanie dużych ilości moczu oznacza też usuwanie z organizmu niezbędnych elektrolitów. Osoby cierpiące na moczówkę są zwykle silnie odwodnione i spragnione. Ich stan można jednak poprawić poprzez podawanie ADH.

Gdy hormony przedniej części przysadki mózgowej dokonają stymulacji innych gruczołów do produkowania przez nie własnych hormonów, podwzgórze wytwarza hormony powstrzymujące wydzielanie i kieruje je do przysadki, która przestaje stymulować gruczoły.

Tarczyca i Ty

Tarczyca to narząd w kształcie motyla obejmujący tchawicę. Składa się z dwóch płatów leżących po obu jej stronach i połączonych ze sobą *węzliną*. Wyściełające wewnętrzną część płatów kolumnowe komórki nabłonka (patrz rozdział 3.) wydzielają żelowatą substancję znaną jako *tyreoglobulina*.

Tyreoglobulina służy jako środek syntetyzujący. Jej głównym zadaniem jest wychwytywanie z krwi cząstek jodu pochodzących z jedzenia, np. z soli (w ciągu godziny tarczyca potrafi przefiltrować w ten sposób 4 – 5 litrów krwi!). Przechwycony jod reaguje z aminokwasem znanym jako tyrozyna, tworząc dwa hormony wydzielane przez tarczycę, czyli *tyroksynę* i *trójjodotyroninę*.

Tyroksyna nie jest wydzielana tak często jak trójjodotyronina, ale działa dłużej i jest gromadzona wewnątrz tarczycy w większych ilościach. Kiedy tyreotropina (TSH) stymuluje tarczycę do wydzielania hormonów, cząsteczki tyroksyny i trójjodotyroniny łączą się z białkami we krwi, a następnie uwalniają się przez dłuższy czas. Poniżej znajdziesz kilka zadań tyroksyny:

- ✓ Regulacja szybkości metabolizmu i oddychania komórkowego (wykorzystywania tlenu i wydalenia dwutlenku węgla).
- ✓ Zwiększanie zużycia glukozy przez komórki oraz stymulacja przemiany glikogenu (formy, w której glukoza jest przechowywana w organizmie) w glukozę, co podnosi poziom cukru we krwi.
- ✓ Pośredniczenie w utrzymywaniu optymalnej temperatury (im więcej dzieje się w Twoim organizmie, tym wyższa jest jego temperatura).
- ✓ Pośredniczenie w procesie rozwoju i różnicowania się tkanek u dzieci i nastolatków.
- ✓ Podnoszenie ilości pewnych enzymów działających w mitochondriach i odpowiedzialnych za reakcje utleniania.
- ✓ Wpływanie na tempo metabolizacji białek, tłuszczów, węglowodanów, witamin, mikroelementów i wody.
- ✓ Stymulowanie procesów umysłowych.

Jak zatem widać, tyroksyna i tyreotropina są dość ważne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. W części „Patofizjologia układu wydzielniczego” znajdziesz opis skutków nadmiaru lub niedoboru hormonów tarczycy.

Poznaj swoją grasicę

Podobnie jak tarczyca, grasicca jest również narządem podzielonym na płaty. Mieści się ona poniżej linii obojczyków i tuż powyżej serca. Główną jej funkcją jest przemiana niedojrzałych limfocytów T, znajdujących się w szpiku kostnym, w całkiem dojrzałe (patrz rozdział 13.). Grasicca wytwarza kilka hormonów zwanych *tymozynami*, odpowiedzialnych za różnicowanie i stymulowanie rozwoju komórek układu odpornościowego. Najnowsze badania nad lekiem przeciw AIDS skupiają się właśnie na wykorzystaniu tymozyn.

Płaski jak trzustka

Trzustka jest włóknistym, podłużnym i płaskim jak naleśnik narządem leżącym w jamie brzusznej w pobliżu nerek, żołądka i jelita cienkiego (patrz rysunek 8.1.). Składa się ona z dwóch rodzajów tkanek i posiada dwie główne funkcje:

- ✓ **Funkcja trawienna:** wytwarzanie enzymów wydzielanych do jelita cienkiego (patrz rozdział 11.).
- ✓ **Funkcja wydzielnicza:** produkcja hormonów: *insuliny* i *glukagonu*, wydzielanych bezpośrednio do krwiobiegu.



Insulina i glukagon są odpowiedzialne za utrzymywanie odpowiedniego poziomu cukru we krwi. Insulina obniża go, glukagon — podnosi.

Kiedy coś jesz, Twoje ciało zaczyna od razu rozkładać pożywienie na jak najmniejsze cząsteczki. Najprostszym węglowodanem jest należąca do grupy cukrów prostych glukoza. Stanowi ona paliwo dla Twojego organizmu. Mózg oraz komórki poszczególnych tkanek wykorzystują ten związek, uzyskując z niego energię gromadzoną w postaci ATP (szczegóły procesu trawienia znajdziesz w rozdziale 11.). Dlatego też glukoza jest bardzo ważna i jej poziom we krwi powinien zawsze pozostawać w optymalnych granicach. Jej nadmiar lub niedobór może niekorzystnie odbić się na stanie zdrowia.

Po zakończeniu jedzenia insulina zaczyna oddziaływać na uzyskaną podczas niego glukozę. Hormon ten może działać na cztery różne sposoby:

- ✓ stymulując komórki do absorbowania i metabolizowania glukozy, co zmniejsza jej ilość w krwiobiegu;
- ✓ stymulując komórki wątroby i mięśni do składowania glukozy w formie glikogenu, wycofując z krwiobiegu jeszcze więcej tego cukru;

- ✓ stymulując produkcję tłuszczów i białek wymagających glukozy i wykorzystujących do tego wolny cukier zawarty we krwi;
- ✓ ograniczając wykorzystanie tłuszczów i białek w celu produkowania energii, co sprawia, że glukoza jest wycofywana z krwiobiegu i odkładana na później.

Kiedy pojawiają się problemy z produkcją lub wydzielaniem insuliny, poziom glukozy może znacząco wzrosnąć. Takie zjawisko nosi nazwę *hiperglikemii* i jest rodzajem zaburzenia homeostazy. Chroniczna forma tego stanu nosi nazwę *cukrzycy*; opiszę ją w dziale „Patofizjologia układu wydzielniczego”.

Insulina wydzielana jest zaraz po zjedzeniu czegoś, aby zmniejszyć ilość glukozy we krwi, choć poziom cukru może spadać także pomiędzy posiłkami. Objawy tego są bardzo dobrze znane każdemu z nas. Żołądek zaczyna wydawać dziwne odgłosy, zaczynają pojawiać się drobne drżenia mięśni i powoli narasta ból głowy. Aby opanować ten stan (nazywany *hipoglikemią*), trzustka wydziela glukagon, czyli hormon mający działanie odwrotne do insuliny — zwiększający ilość cukru w krwiobiegu. Do tego celu wykorzystywana jest glukoza składowana w wątrobie, mięśniach i w tkance tłuszczowej.



Organizm wykazuje zadziwiające zdolności do utrzymywania się w stanie równowagi. Aby mu w tym pomóc, staraj się nie jeść na raz za dużo, gdyż w przeciwnym razie Twoja trzustka może mieć kłopoty z produkcją właściwej ilości insuliny. Postaraj się też nie jeść między posiłkami. Niech Twój glukagon zrobi, co do niego należy!

Żołądek: następny gruczoł

Być może nigdy nie zdarzyło Ci się pomyśleć o żołądku jako o gruczole, ale narząd ten faktycznie wytwarza hormony (zaliczamy go do organów, których funkcja wydzielnicza jest tylko jedną z wielu). Jest on oczywiście jednym z najważniejszych narządów odpowiedzialnych za trawienie, ale jednocześnie produkuje niezbędne w tym procesie substancje zwane *gastrynami*. Istnieje wiele rodzajów cząsteczek gastryn, które ogólnie można podzielić na małe, średnie i duże. Są one odpowiedzialne za wydzielanie kwasów żołądkowych mieszanych z pożywieniem podczas trawienia (patrz rozdział 11.). Gastryny kontrolują też mięsień otaczający przełyk, regulując tempo, w jakim zapełniany jest żołądek. Dodatkowo wpływają one na rozwój tkanek pokrywających ścianki żołądka i wydzielających śluz oraz kwasy żołądkowe.

Testowanie jelit

Czy jelita są narządem, czy też gruczołem? To kolejne z podchwytliwych pytań, ponieważ odpowiedź brzmi: i jednym, i drugim. Stanowią one jeden z narządów układu trawiennego, ale także wydzielają własne hormony. Jelito cienkie oraz podwzgórze wytwarzają cholecystokininę (CCK), hormon stymulujący działanie woreczka żółciowego i wydzielanie żółci (zielono-brązowej substancji łączącej się z treścią żołądkową). Żółć zawiera dwuwęglany i pomaga zneutralizować kwasy żołądkowe mogące uszkodzić jelita. Rozkłada ona również zawarty w pożywieniu cholesterol i ułatwia wchłanianie tłuszczów. Oprócz żółci CCK stymuluje wydzielanie enzymów trzustki.

Jelito cienkie wydziela też hormon zwany *sekretyną*, którego działanie przypomina działanie CCK, gdyż stymuluje on wytwarzanie przez trzustkę substancji neutralizujących. Jelita produkują bowiem enzymy, które nie mogą działać w kwaśnym środowisku, a sekretyna i CCK pozwalają na normalny przebieg procesu trawienia.

Nad nerkami: kora nadnerczy

Łacińskie słowo *renum* oznacza nerkę, zaś przyrostek *ad* oznacza „przy” lub „nad”. Wiedząc to, można bez trudu zgadnąć, gdzie wydzielana jest adrenalina. Tak, owszem, gruczołem produkującym ten hormon są nadnercza (patrz rysunek 8.1.). Podobnie jak nerki, są one narządem parzystym, znajdującym się nieco powyżej nich po obu stronach Twojego ciała.

Nadnercza otoczone są delikatną otoczką przypominającą skórkę nasienia fasoli. Wewnątrz dzielą się na dwie główne części: *korę* i *rdzeń*, które rozwijają się w nieco odmienny sposób i pełnią inne funkcje. W embrionalnej fazie rozwoju kora nadnerczy wykształca się z tej samej tkanki, co nerki i tkanki łączne (kości, chrząstki, mięśnie etc.), rdzeń natomiast z tej, z której powstaje również autonomiczny system nerwowy (patrz rozdział 7.).

Kora nadnerczy

Ta część nadnerczy wydziela *kortykosteroidy*, m.in. mineralokortykoidy i glikokortykoidy. Jednym z najważniejszych mineralokortykoidów jest *aldosteron* odpowiedzialny za regulowanie równowagi elektrolitycznej, czyli m.in. stężenia jonów potasu (K^+), sodu (Na^+) i chloru (Cl^-). Dzięki niemu zawartość soli oraz mikroelementów we krwi utrzymywana jest na optymalnym poziomie.

Elektrolity to substancje zawierające *jony* (atomy posiadające dodatni lub ujemny ładunek elektryczny) zawieszone w rozpuszczalniku (najczęściej w wodnistej tkance otaczającej komórki bądź w samej ich cytoplazmie). Elektrolity, jak sama nazwa wskazuje, są zdolne do przenoszenia ładunku elektrycznego.



Aldosteron oddziałuje na kanaliki nerkowe, stymulując resorpcję zwrotną Na^+ . Gdy jony sodu ponownie trafiają do krwiobiegu, szybko dołączają do nich jony chloru. Na^+ i Cl^- łączą się w chlorek sodu, znany szerzej jako sól. Gdzie zaś znajduje się sól, tam też pojawia się woda. Kiedy zatem jony soli przechodzą do krwiobiegu, podnosi się w nim także ilość wody, co wywołuje efekt rozrzedzenia krwi. Dzięki temu możliwe jest zachowanie zrównoważonej gospodarki wodnej w organizmie. Dodatkowo równowaga wodno-elektrolitowa pozwala kontrolować ciśnienie krwi (patrz rozdział 9.).

Kortyzol, główny hormon glikokortykoidowy, jest odpowiedzialny za regulowanie metabolizmu białek, tłuszczów i węglowodanów. Najczęściej uwalniany jest w chwili silnego napięcia nerwowego lub wysiłku fizycznego. Wpływa on na metabolizm z następujący sposób:

- ✓ rozkłada białka, spowalniając ich syntezę (patrz rozdział 2.), i przenosi aminokwasy z tkanek do komórek wątroby;
- ✓ przenosi tłuszcze z tkanki tłuszczowej do krwiobiegu lub zwiększa ich ilość w niej składowanych;
- ✓ zmienia tempo wykorzystywania glukozy przez komórki, co sprawia, że wątroba magazynuje więcej cukru w postaci glikogenu.

Kortyzol (podobnie jak inne kortykosteroidy) wpływa też na układ odpornościowy, zmniejszając liczbę białych krwinek w krwiobiegu oraz ilość chłonnki. W chwili silnego napięcia, kiedy we krwi znajduje się duża ilość kortykosteroidów, chłonnka nie jest w stanie produkować odpowiedniej ilości przeciwciał (patrz rozdział 13.). To tłumaczy fakt, dlaczego często przeziębiamy się, gdy przez dłuższy czas jesteśmy pod silną presją otoczenia.

Rdzeń nadnerczy

Jak napisałam wcześniej, ta część nadnerczy powstaje z tej samej tkanki, co współczulny układ nerwowy. Nie powinien zatem dziwić fakt, że jej głównym zadaniem jest regulowanie działania nerwów. Rdzeń nadnerczy wytwarza *katecholaminy*, wśród których najważniejszą rolę odgrywają *epinefryna* i *norepinefryna*.



Epinefryna znana jest szerzej pod nazwą *adrenaliny* i zwykle kojarzona jest z reakcją walki lub ucieczki. Jestem pewna, że co najmniej kilka razy zdarzyło Ci się przeżyć „uderzenie” adrenaliny, zwłaszcza w chwili, gdy coś Cię przestraszyło. Kiedy coś sprawia, że podskakujesz ze strachu lub na chwilę tracisz nad sobą panowanie, możesz niemalże poczuć adrenalinę krążącą w Twoich żyłach.

Epinefryna przyspiesza Twoje tętno i tempo oddechu, nie wykorzystując przy tym glukozy, która zarezerwowana zostaje do wykorzystania przez mózg. Adrenalina stymuluje też wydzielanie wolnych kwasów tłuszczowych

wykorzystywanych do produkcji energii, pozwalając przeznaczyć glukozę na zasilanie funkcji mózgu (jak by na to nie patrzeć, w chwili stresu też trzeba myśleć).

Podobnie jak epinefryna, norepinefryna jest katecholaminą powiązaną działaniem z układem nerwowym. Jej głównym zadaniem jest powodowanie skurczu naczyń krwionośnych, co podnosi ciśnienie krwi. Dlatego też norepinefryna jest wydzielana w chwilach obniżenia ciśnienia oraz w momentach stresu.

Gonady

Gonady (*jajniki* w przypadku kobiet i *jądra* w przypadku mężczyzn) są najniżej położonymi gruczołami endokrynnymi (patrz rysunek 8.1.). Jajniki wytwarzają i wydzielają *estrogen* i *progesteron*, jądra natomiast produkują i wydzielają *testosteron*. Wszystkie trzy hormony noszą nazwę *hormonów płciowych*. Testosteron jest też dodatkowo znany jako *androgen*, gdyż stymuluje on pojawianie się drugorzędnych męskich cech płciowych.



Być może wydaje Ci się, że estrogen produkowany jest wyłącznie w organizmach samic, ale to nieprawda. Hormon ten można znaleźć także w moczu samców różnych gatunków zwierząt, a nawet w dojrzewających roślinach! Miejmy tylko nadzieję, że nie doprowadzi to do powstania cierpiących na PMS mięsożernych rosiczek.

W okresie dojrzewania organizm kobiecy wydziela zwiększone ilości estrogenu, który odpowiada za pojawienie się drugorzędnych żeńskich cech płciowych (cechy pierwszorzędne to posiadanie pochwy, macicy i jajników, co jest oczywiste od momentu narodzin). Sprawia on m.in., że piersi ulegają powiększeniu dzięki odkładaniu się w nich tkanki tłuszczowej. Stymuluje też rozwój osteoblastów (komórek tkanki kostnej, patrz rozdział 4.), a także powstrzymuje wchłanianie wapnia i fosforanów z krwiobiegu, dzięki czemu substancje te mogą zostać wykorzystane do budowy kości. Estrogen pozwala w ten sposób na poszerzanie się kości miednicy, co powiększa biodra i ułatwia późniejszy poród (patrz ramka „Dlaczego kobiety mają szersze biodra niż mężczyźni” w rozdziale 4.). Ponadto hormon ten wzmacnia rozwój i odkładanie się komórek tkanki tłuszczowej, dzięki czemu ciała kobiet cechują się łagodniejszymi kształtami niż ciała mężczyzn. Szersze biodra i więcej tłuszczu? To nie fair!

Progesteron zmienia skład substancji wydzielanych przez macicę oraz gromadzonych w jej wyściółce, pozwalając na implantację zapłodnionych komórek jajowych. Wpływa on też na rozwój piersi, stymulując rozwój gruczołów mlekowych.

Testosteron odpowiada za pojawienie się drugorzędnych cech płciowych u mężczyzn (pierwszorzędne cechy płciowe to obecność penisa i jąder). Kiedy chłopcy wkraczają w wiek dojrzewania, ich tkanka mięśniowa zaczyna zwiększać objętość, rosną narządy płciowe, pojawia się owłosienie na klatce piersiowej i twarzy, zaś włosy na rękach i nogach stają się dłuższe i twardsze. W okresie dojrzewania, zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn, pojawia się owłosienie łonowe i pachowe. Należy pamiętać, że organizm mężczyzn wydziela niewielkie ilości estrogeny, a organizm kobiet — niezbyt duże ilości testosteronu. Więcej informacji na temat rozwoju w czasie dojrzewania znajdziesz w rozdziale 15.

Patofizjologia układu wydzielniczego



Homeostaza jest ważna dla Twojego zdrowia, dlatego też układ nerwowy i wydzielniczy działają wspólnie w celu jej utrzymania. Czasami jednak równowaga ta ulega zachwianiu, co zwykle skutkuje pojawieniem się *chorób*. Mogą one mieć charakter *punktowy*, czyli ograniczony do jednego narządu lub miejsca ciała, ale mogą też mieć charakter *układowy*, kiedy to choroba destabilizuje działanie całego układu złożonego z wielu organów. Jeżeli zmiany chorobowe utrzymują się przez długi czas, mówimy o *chorobie chronicznej*. W niniejszej części rozdziału postaram się przybliżyć kilka chorób układu wydzielniczego.

Cukrzyca

Cukrzyca, jak sama nazwa wskazuje, wiąże się z nadmiarem cukru w krwiobiegu. Osoby cierpiące na tę chorobę określa się mianem *diabetyków* pochodzącym od jej łacińskiej nazwy (*diabetes mellitus*), która sama wywodzi się z greckiego słowa oznaczającego „wylewać” czy „odrzucać”. Nazwa ta nawiązuje do faktu, że diabetycy wydają więcej moczu niż ludzie zdrowi (w medycynie stan taki nazywa się *wielomoczem*). Nie należy jednak mylić tej choroby z moczówką prostą (patrz ramka „Moczówka prosta: to nie nadmiar wody” wcześniej w tym rozdziale), która jest wynikiem zaburzenia wydzielania ADH. W odróżnieniu od niej, cukrzyca jest chorobą wywołaną niewłaściwym funkcjonowaniem trzustki.

Istnieją dwa jej rodzaje: cukrzyca typu 1. (dawniej zwana insulinozależną lub cukrzycą wieku dziecięcego) i cukrzyca typu 2. (dawniej zwana insulinoniezależną). Do najczęstszych przyczyn tej choroby zalicza się m.in. skłonności genetyczne, kiepską dietę, otyłość, zaburzenia pracy trzustki, ciążę, zaburzenia hormonalne, niektóre używki (np. sterydy czy doustne środki antykoncepcyjne), a także niektóre infekcje.

Insulina jest hormonem odpowiedzialnym za transport glukozy do komórek, syntezę białek i stymulowanie składowania kwasów tłuszczowych w tkance tłuszczowej. Jej niedobór bądź też niewłaściwa reakcja organizmu na produkowaną w nim insulinę wywołuje zaburzenie metabolizmu węglowodanów, białek i tłuszczów.

U osób z cukrzycą typu 1. trzustka produkuje bardzo niewiele insuliny lub nie produkuje jej wcale. Tkanki ciała zaczynają głodować w dosłownym tego słowa znaczeniu. Jednym z pierwszych objawów choroby jest nagła utrata tkanki mięśniowej i podskórnej tkanki tłuszczowej. Objawy cukrzycy typu 2. pojawiają się wolniej.

Osoby cierpiące na cukrzycę typu 2. są zwykle otyłe, a w ich rodzinach częściej niż zwykle pojawiały się przypadki cukrzycy, narodzin dzieci ważących ponad 4,5 kg, infekcji wirusowych, zaburzeń nerwowych i cukrzycy towarzyszącej ciąży.

Oba typy tej choroby wiążą się z silnym poczuciem głodu i pragnienia, utratą wagi, męczliwością, ogólnym osłabieniem, zaburzeniami wzroku, świądem skóry oraz trudno gojącymi się infekcjami skórnymi.

Jednym z typowych objawów cukrzycy obu typów jest odwodnienie, gdyż niedobór insuliny przekłada się na podwyższoną zawartość cukru we krwi, przez co staje się ona zagęszczona (stan ten nosi nazwę *hiperosmolarności*). Organizm stara się poprawić tę sytuację, wykorzystując wodę do rozcieńczenia krwi, ale zużywanie jej do tego celu prowadzi jedynie do zwiększenia ilości wydzielanego moczu i pogłębienia się stanu odwodnienia.

Zwiększona produkcja moczu wynika też z rozkładania białek w celu uzyskania glukozy potrzebnej do wytworzenia energii (pamiętaj, że w przypadku braku insuliny tkanki nie potrafią efektywnie wykorzystywać glukozy). W miarę metabolizacji białek aminokwasy rozkładają się w wątrobie na glukozę i mocznik, a zwiększenie w organizmie ilości tego drugiego stymuluje wydzielanie moczu.

Leczenie cukrzycy typu 1. polega na podawaniu insuliny, dokładnej kontroli diety i wykonywaniu odpowiednich ćwiczeń fizycznych. Osoby cierpiące na cukrzycę typu 2. często rozpoczynają od ustalenia właściwej diety i programu ćwiczeń. Spożywanie regularnych posiłków, zawierających względnie taką samą ilość węglowodanów, pozwala utrzymać stabilny poziom cukru we krwi. Ćwiczenia natomiast służą spalaniu nadmiarowej glukozy i pomagają w zrzuceniu zbędnej masy (otyłość jest czynnikiem pogłębiającym chorobę), a także w metabolizmie dostępnej insuliny. Jeżeli ćwiczenia i właściwa dieta nie wystarczają, konieczne jest podawanie leków wspomagających kontrolowanie poziomu insuliny i glukozy.

Do powikłań cukrzycy zaliczamy m.in. retinopatię, która w ostrej postaci prowadzi do całkowitej ślepoty, zaburzenie pracy serca, nadciśnienie i uszkodzenie nerwów stóp. Jako że to ostatnie upośledza odczuwanie bólu, osoby chore na cukrzycę ryzykują nabycie poważnych infekcji skóry, które mogą doprowadzić do gangreny i konieczności amputowania stopy.

Niedoczynność tarczycy kontra choroba Gravesa-Basedowa

Niedoczynność tarczycy i choroba Gravesa-Basedowa są stanami przeciwnymi. *Niedoczynność tarczycy (hipotyreoza)* polega na jej słabszym niż u osób zdrowych działaniu, choroba Gravesa-Basedowa wynika natomiast z *nadczynności tarczycy (hipertyreozy)*, czyli nadmiernego wydzielania jej hormonów. Do objawów tej ostatniej można zaliczyć powiększenie tarczycy, wole i obrzęk mięśni oczu, powodujący charakterystyczny wytrzeszcz gałek ocznych. Nadczynność tarczycy zwiększa również ogólną drażliwość i prowadzi do zaburzeń snu. Leczenie polega głównie na podawaniu leków doustnych, zaaplikowaniu pojedynczej dawki radioaktywnego jodu lub operacyjnym zmniejszeniu tarczycy.

Niedoczynność tarczycy może wynikać z błędnego jej funkcjonowania (*niedoczynność pierwotna*) lub z niewłaściwego działania podwzgórza albo przysadki mózgowej i zaburzenia produkcji hormonów stymulujących jej pracę (*niedoczynność wtórna*). Osoby cierpiące na niedoczynność pierwotną mogą także doświadczać artretycznego zapalenia stawów lub chronicznego zaburzenia w postaci *choroby Hashimoto*, polegającej na atakowaniu tarczycy przez układ odpornościowy. Niedoczynność wtórna może być wywołana brakiem jodu w diecie lub stosowaniem niektórych leków, mogących szkodzić funkcjonowaniu tarczycy.

Niedoczynność tarczycy posiada wiele różnych objawów, gdyż hormony tarczycowe są odpowiedzialne za liczne procesy zachodzące w ludzkim organizmie. Prawie każda z komórek naszego ciała jest stymulowana przez tyroksynę, regulującą szybkość metabolizmu i wpływającą na wiele zachodzących w nich reakcji. W tabeli 8.2. znajdziesz kilka typowych objawów tego zaburzenia.

Obrzęk śluzowaty jest najpoważniejszym powikłaniem, które może towarzyszyć niedoczynności tarczycy. W jego wyniku prędkość oddychania i bicia serca spada na tyle, że chorzy mogą zapaść w śpiączkę. Na skutek spowolnienia wymiany gazowej poziom dwutlenku węgla w ich krwi rośnie. Zaburzenie to wymaga natychmiastowego leczenia i często bywa śmiertelne.

Leczenie osób cierpiących na niedoczynność tarczycy wiąże się zwykle ze stałym podawaniem jej syntetycznych hormonów. Terapia taka musi być jednak podejmowana stopniowo, aby nie wywołać dodatkowych zaburzeń akcji serca.

Tabela 8.2. Objawy niedoczynności tarczycy w miarę postępowania choroby

Początkowe	Średnio zaawansowane	Poważne
Zmęczenie	Obniżony popęd płciowy	Zaburzenia psychiczne i zmiany zachowania
Wrażliwość na zimno	Szttywnienie stawów	Zespół tunelowy
Przyrost wagi bez zmian w diecie lub ilości wysiłku fizycznego	Skurcze mięśni	Wysoki poziom cholesterolu, poważne zaburzenia krążenia, kłopoty z sercem
Zatwardzenie	Utrata wagi	Suchość skóry, wypadanie włosów, łamliwe, popękane paznokcie
Problemy z pamięcią	Mrowienie lub utrata czucia	Obniżona płodność
		Oslabienie odbytnicy, zaburzenia pracy jelit, anemia

Rozdział 9

Włożyć w coś całe swoje serce: układ krążenia

W tym rozdziale:

- ▶ Czym jest krew i skąd się bierze.
- ▶ Co sprawia, że serce bije, jak należy.
- ▶ Dokąd dostarczana jest krew.
- ▶ Żyły, tętnice i naczynia włosowate.
- ▶ Problemy z krążeniem.

Co mają ze sobą wspólnego: autostrada A1, drogi międzystanowe, kolej transsyberyjska i Twój układ krążenia? Otóż wszystkie stanowią drogi transportu. Owszem, krew dość mocno różni się od samochodów i pociągów, ale jej zadanie jest bardzo podobne, gdyż polega na przenoszeniu różnych rzeczy z miejsca na miejsce. W przypadku samochodów mogą to być ludzie lub przedmioty, zaś w przypadku krwi transportowanymi obiektami są różne substancje chemiczne. W niniejszym rozdziale postaram się opisać, co to są za związki, dlaczego są przenoszone przez krew i w jaki sposób zachodzi cały ten proces.

Transport towaru: Twoja krew i jej zawartość

Jeżeli dobrze się znasz na aktorstwie, muzyce, tańcu, pisaniu czy rzemiośle, być może niektórzy mówią, że masz swoje zdolności „we krwi”. Czy wiesz jednak, co naprawdę znajduje się w tym czerwonym płynie wypełniającym Twoje żyły? Otóż krew składa się zwykle z małych komórek, drobnych cząstek i dużej ilości wody. Kiedy zostaje odwirowana w laboratorium, rozkłada się na *elementy morfotyczne* (opadające na dno próbówki) i *osocze* wypełniające przestrzeń nad nimi. W niniejszej sekcji zajmiemy się szczegółowym opisem wspomnianych elementów składowych krwi.



Hematokryt

Kiedy oddajesz krew do analizy, jedną z cech określanych podczas badania jest *hematokryt* (HCT), czyli odsetek objętości, jaki stanowi w odwirowanej krwi część zawierająca elementy

morfotyczne, głównie czerwone krwinki. W normalnych warunkach powinien on wynosić ok. 45%. Niski hematokryt oznacza małą ilość elementów morfotycznych, zaś wysoki może oznaczać ich nadmiar.

Krew to krążący w naczyniach krwionośnych ciemnoczerwony płyn o temperaturze ciała i metalicznym posmaku, który jest niezbędną dla wszystkich ludzi (i wielu innych zwierząt) substancją podtrzymującą życie. W ciele przeciętnej osoby dorosłej znajduje się ok. 5 litrów tej cennej cieczy. Sama krew jest jednak swego rodzaju anomalią. To, że składa się ona z komórek zawieszonych w luźnej substancji międzykomórkowej (zwanej *osoczem*), czyni z niej tkankę łączną (patrz rozdział 3.). Jednakże z racji tego, że krew jest płynem, wiele osób nie traktuje jej w ten sposób, choć technicznie rzecz biorąc, jedynie osocze ma formę płynną, zaś sama krew składa się z luźnych komórek, takich jak *czerwone krwinki*, *białe krwinki* oraz *płytki krwi* (określane wspólnie mianem *elementów morfotycznych*).

Rozcieńczanie krwi: osocze



Osocze składa się w około 92% z wody. Na pozostałe 8% przypadają *białka plazmy*, cząsteczki soli, tlenu i dwutlenku węgla, substancje odżywcze pochodzące z żywności (glukoza, tłuszcze, aminokwasy), mocznik (produkt przemiany materii, który jest jedną z głównych substancji zawartych w moczu, patrz rozdział 12.) oraz inne związki znajdujące się w krwiobiegu, takie jak hormony czy witaminy.

Szczególnie ważne funkcje pełnią trzy syntetyzowane w wątrobie białka:

- ✓ **Albumina:** najmniejsze i najpowszechniejsze białko osocza. Jego zadaniem jest utrzymywanie właściwego ciśnienia osmotycznego w krwiobiegu (skrótowo rzecz ujmując, osmoza polega na przenikaniu wody do roztworu bardziej stężonego, patrz rozdział 3.). Albumina, wraz z jonami sodu i potasu, dba o odpowiednie stężenie wody w osoczu, dzięki czemu możliwe jest zachowanie właściwego pH (miara kwasowości uzależniona od ilości jonów wodorowych w roztworze).
- ✓ **Fibrynogen:** w trakcie tworzenia się skrzepów przekształca się w nici fibrynowe, z których powstaje siatkowata struktura przechwytyująca czerwone krwinki i wspólnie z nimi tworząca skrzep.

- ✓ **Immunoglobulina:** inne określenie przeciwciała (patrz rozdział 13.). Białka immunoglobuliny powstają w reakcji na pojawiające się w organizmie drobnoustroje. Gdy jakieś bakterie lub wirusy znajdują się w nim po raz pierwszy, ich zwalczaniu towarzyszy wydzielanie się immunoglobulin, które następnie krążą w ciele, ułatwiając późniejsze eliminowanie „znanych” zagrożeń i zapobiegając wywoływanym przez nie chorobom.

Transport tlenu: czerwone krwinki



Jeżeli kiedykolwiek zdarzyło Ci się widzieć czerwone krwinki w powiększeniu, wiesz już, że przypominają one grube dętki. *Czerwone krwinki*, nazywane też *erytrocytami*, wyróżniają się spośród wielu innych komórek brakiem jąder. Zawierają za to *hemoglobinę* umożliwiającą im transportowanie tlenu. Jest to białko wytworzone z cząsteczki globiny i czterech molekuł zawierającego żelazo hemu. To właśnie żelazo wiąże tlen, umożliwiając jego przenoszenie.



Kiedy tlen łączy się z hemoglobiną, powstały związek nosi nazwę *oksyhemoglobiny*. Cechuje się on jasnoczerwoną barwą, typową dla krwi tętniczej. Po uwolnieniu tlenu przechodzi on w *deoksyhemoglobinę* o ciemnopurpurowej barwie nadającej żyłom błękitnawe zabarwienie.

Czerwone krwinki tworzone są w czerwonym szpiku kostnym i żyją około 4 miesięcy. Kiedy okres ich życia dobiega końca, zostają wchłonięte przez *fagocyty* (duże komórki „pochłaniające” pozostałości innych komórek i pomagające usunąć je z organizmu) i przeniesione do trzustki lub wątroby, gdzie ulegają rozkładowi. W każdej sekundzie zniszczeniu ulega ok. 2,5 miliona czerwonych krwinek, które są na szczęście zastępowane nowymi przez szpik kostny. W trakcie ich rozpadu uwalniana z nich hemoglobina rozkłada się na *globinę* i *hem*. Żelazo jest odzyskiwane i kierowane do szpiku, gdzie zostaje ponownie wykorzystane do tworzenia nowych czerwonych krwinek.

Dobre samopoczucie: białe krwinki



Chociaż czerwone krwinki są bardzo ważne ze względu na ich rolę w przenoszeniu tlenu, to białe krwinki, noszące nazwę *leukocytów*, są odpowiedzialne za utrzymywanie Cię w dobrym zdrowiu. Co prawda, nie jest ich tak wiele, jak czerwonych, ale są od nich dużo większe. To dobra cecha, gdyż głównym zadaniem leukocytów jest zwalczanie szkodliwych drobnoustrojów, takich jak bakterie i wirusy (patrz rozdział 13.).

Białe krwinki dzielą się na dwa główne typy: *granulocyty* i *agranulocyty*. Pierwsze z nich cechują się obecnością białek otaczających jądro komórki (leukocyty posiadają bowiem jądra) i nadających jej charakterystyczny kształt kolczastej kuli. Wśród granulocytów wyróżniamy dodatkowo trzy podstawowe rodzaje: *bazofile*, *neutrofile* i *eozynofile*. Z kolei agranulocyty (choć również posiadają białka otaczające jądro, to nie są one tak widoczne, jak w przypadku granulocytów) dzielą się na *limfocyty* i *monocyty*. Białka zawarte we wszystkich leukocytach odgrywają rolę naturalnych antybiotyków potrzebnych do zwalczania wirusów i bakterii.

Jako że białe krwinki stanowią część układu odpornościowego (patrz rozdział 13.), występują one nie tylko we krwi, ale także w chłonce (limfie) i płynie międzykomórkowym (czyli płynie komórkowym wchłoniętym do naczyń układu limfatycznego, patrz rozdział 13.). Dlatego też, gdy w jakimś miejscu ciała pojawi się infekcja, możesz liczyć na to, że białe krwinki tak czy inaczej tam dotrą. W tabeli 9.1. zebrane zostały funkcje poszczególnych typów leukocytów.

Tabela 9.1. Funkcje białych krwinek

Rodzaj białych krwinek	Pełnione funkcje
<i>Granulocyty</i>	
Eozynofile	Ich liczba zwiększa się w czasie reakcji alergicznych oraz infekcji pasożytniczych.
Neutrofile	Jako pierwsze odpowiadają na infekcje. Fagocytują (pożerają) bakterie i szczątki komórek.
Bazofile	Przedostają się z naczyń krwionośnych do tkanek w miejscu zranienia. Wydzielają też histaminę w celu rozszerzenia naczyń krwionośnych (dostarczając do uszkodzonej tkanki więcej tlenu, składników odżywczych i komórek odpornościowych oraz przyspieszając gojenie).
<i>Agranulocyty</i>	
<i>Limfocyty</i>	
Limfocyty B	Tworzą przeciwciała konieczne do zwalczania infekcji (patrz rozdział 13.).
Limfocyty T	Pomagają zachować zdrowie, niszcząc komórki zawierające obcy materiał, noszące nazwę antygenów (patrz rozdział 13.).
Monocyty	Największe z białych krwinek, które dojrzewają, przekształcając się w makrofagi (komórki układu odpornościowego pożerające drobnoustroje i stymulujące działanie innych białych krwinek).

Układanie płytek



Płytki krwi (*trombocyty*) to małe fragmenty komórek powstałe z rozpadu znajdujących się w szpiku kostnym *megakariocytów*. Ich zadaniem jest wzbudzanie procesu krzepnięcia krwi i naprawa uszkodzonych naczyń krwionośnych. Każda z nich żyje dość krótko, zwykle ok. 10 dni.

Wyżymanie kości



Czerwone krwinki powstają w czerwonym szpiku kostnym. Proces ten nosi nazwę *hematopoezy* i zachodzi w kręgach, żebrach i czaszce, a także w zakończeniach kości długich (takich jak np. kość udowa). W szpiku znajdują się *komórki macierzyste*, z których na drodze podziału i różnicowania wyłaniają się konkretne krwinki.

Czerwone krwinki powstają w następujący sposób:

1. Znajdująca się w czerwonym szpiku kostnym *komórka macierzysta* (nosząca nazwę *multipotentnej*, gdyż mogą z niej powstać różne rodzaje komórek) dzieli się, tworząc dwa *mielocyty*.
2. Mielocyty mogą przekształcić się w limfocyty B lub T (patrz tabela 9.1.) albo zróżnicować się w *erytroblasty*, *megakarioblasty* lub *mieloblasty*.

Erytroblasty dojrzewają, stając się erytrocytami, czyli czerwonymi krwinkami.

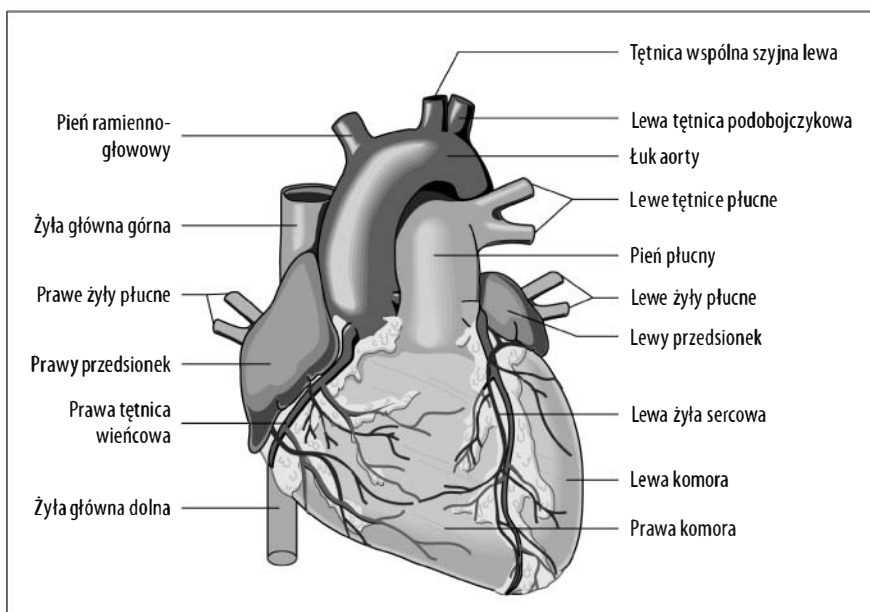
Megakarioblasty dojrzewają, stając się płytkami krwi.

Mieloblasty dojrzewają, przekształcając się w dowolne spośród czterech rodzajów białych krwinek: bazofile, eozynofile, neutrofile lub monocyty.

3. Kiedy komórki krwi dojrzeją w szpiku kostnym, przenikają do krwiobiegu i są przezeń rozprowadzane po całym ciele.

Odkrywanie przedsionków i komór: serce

Układ krążenia (zwany też *układem sercowo-naczyniowym*) składa się z serca i naczyń krwionośnych. Serce, główny jego narząd, sprawia, że krew krąży po organizmie. Jego skurcze wtłaczają ją w naczynia krwionośne i pozwalają jej płynąć. Anatomicznie rzecz biorąc, jest ono organem wielkości pięści, który nie przypomina kształtem popularnego wyobrażenia serca, ale raczej stożek (patrz rysunek 9.1.). Leży ono pomiędzy płucami, pod mostkiem, a jego koniuszek skierowany jest w lewo.



Rysunek 9.1.
Przekrój serca

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002



Serce otoczone jest grubą warstwą mięśni oraz podwójną błoną ochronną zwaną *osierdziem*. Ono samo składa się natomiast z kilku pustych przestrzeni:

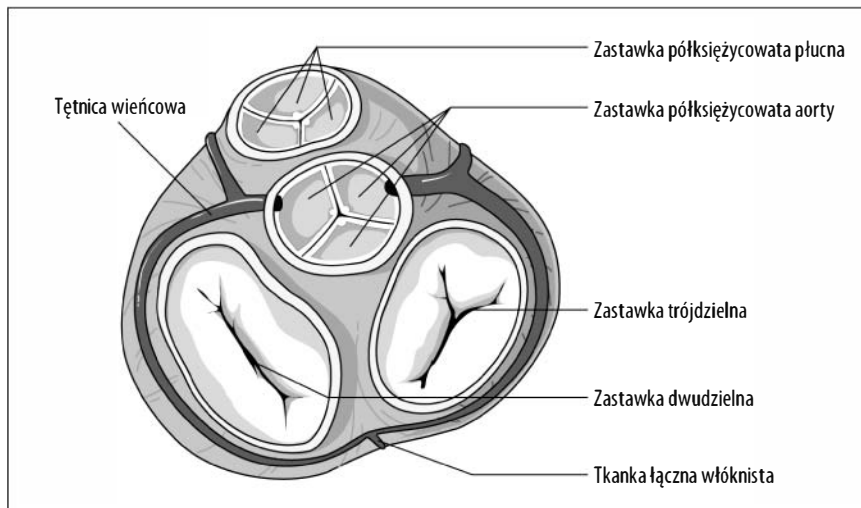
- ✓ **Wsierdzie:** wewnętrzna warstwa serca, która składa się z tkanki śródbłonkowej wyściełającej ją i spójnej ze wszystkimi narządami krwionośnymi.
- ✓ **Jama osierdziowa:** w tej przestrzeni znajdują się naczynia wieńcowe, czyli naczynia krwionośne zaopatrujące mięsień sercowy w tlen i składniki odżywcze.
- ✓ **Śródsierdzie:** to kolejna warstwa serca, złożona z silnych, wytrzymałych i mocno kurczliwych mięśni.
- ✓ **Nasierdzie:** wewnętrzna warstwa osierdzia, która osłania śródsierdzie. Wydziela ona *płyn osierdziowy*, chroniący tkanki podczas tarcia towarzyszącego skurczom serca.
- ✓ **Osierdzie włókniste:** najbardziej zewnętrzna warstwa serca, którą stanowi cienka, biała błona z włóknistej tkanki łącznej, spajająca główne naczynia krwionośne (jak np. aorta) z mostkiem i przeponą. Twoje serce nie pływa bowiem swobodnie w klatce piersiowej, ale jest w niej stabilnie zawieszone. Podobnie jak nasierdzie, także *osierdzie włókniste* wydziela płyn osierdziowy służący jako „smar” dla tkanek osierdzia.

We wnętrzu serca znajdują się cztery *jamy*, po dwie z każdej strony. Są to:

- ✓ lewy przedsionek,
- ✓ prawy przedsionek,
- ✓ lewa komora,
- ✓ prawa komora.

Przedsionki oddzielone są od siebie *przegrodą przedsionkową*, zaś komory — *przegrodą komorową*. Każda z jam serca odgrywa osobną rolę w cyklu pracy tego narządu, czemu odpowiada ich anatomiczny podział. Zajmiemy się tym dokładniej w dalszej części rozdziału.

Serce zawiera również kilka *zastawek*, których nazwy sugerują ich położenie bądź pełnione przez nie funkcje (patrz rysunek 9.2.). Przykładowo, *zastawki przedsionkowo-komorowe* znajdują się pomiędzy przedsionkami a komorami, zaś *zastawki dwudzielne* i *trójdzielne* składają się, odpowiednio, z dwóch lub trzech półksiężycowatych płatków. Zastawki spełniają podobną rolę, co śluzy wodne — pozwalają napłynąć do danej jamy określonej porcji krwi i uniemożliwiają jej cofnięcie się. Dzięki temu może ona płynąć w odpowiednim kierunku, zapewniając właściwą akcję serca.



Rysunek 9.2.
Zastawki serca

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Idź za głosem serca: fizjologia mięśnia sercowego

W tej części rozdziału przyjrzymy się funkcjom serca, czyli jego zdolności do działania w charakterze pompy i zachowywania stałego rytmu uderzeń. Droge, jaką przebywa krew, opiszemy w sekcji „Początek ścieżki: droga krwi wiodąca przez serce i ciało”, zaś generowanie uderzeń serca przedstawione zostało w sekcji „Wytwarzanie elektryczności: cykl serca”. Fenomen tętna przybliżymy w ostatniej części zatytułowanej „Trzymać rękę na pulsie”.

Początek ścieżki: droga krwi wiodąca przez serce i ciało

Serce jest *pompą podwójną* czy też *pompą podwójnego działania* . Jest tak, nomen omen, z dwóch powodów. Po pierwsze, serce zawiera *dwa* rodzaje jam, czyli przedsionki i komory, które kurczą się na przemian, tzn. najpierw następuje skurcz obu komór, a następnie obu przedsionków. Po drugie, pompowana przez ten narząd krew płynie w dwóch obiegach — tętniczym i żylnym. Teraz już rozumiesz?

Prześledzenie drogi, jaką pokonuje krew przechodząca przez serce, wyjaśnia, dlaczego jest ono podzielone tak a nie inaczej, a także dlaczego jest ono pompą podwójnego działania. Na rysunku 9.3. znajdziesz opis anatomicznej budowy serca z zaznaczoną drogą, którą przebywa krew.

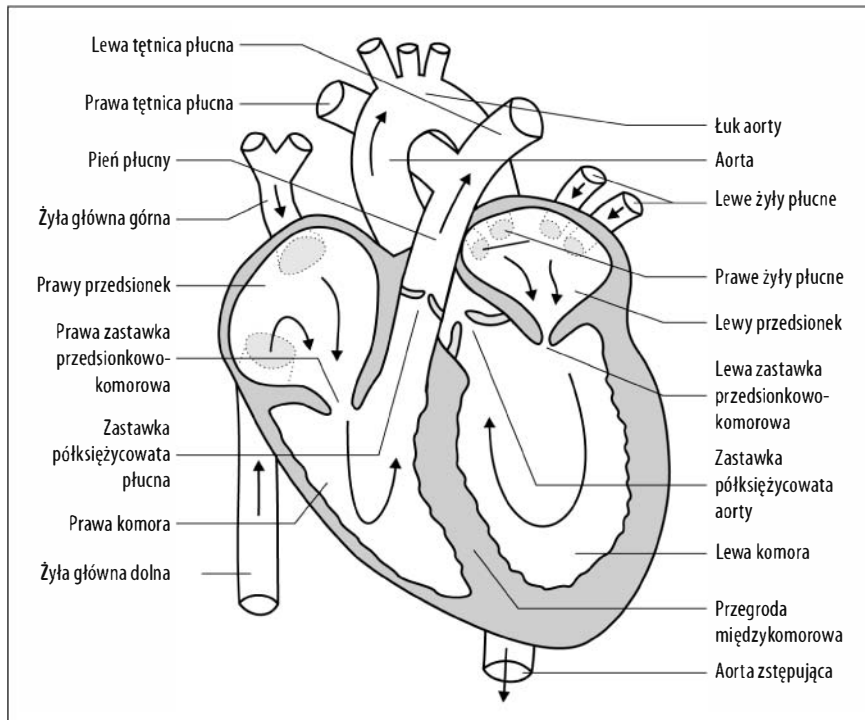


Rysunek 9.3. może być bardzo przydatną pomocą podczas dalszej lektury tego rozdziału. Możesz zaznaczać na nim przepływ krwi czerwonymi i niebieskimi liniami oznaczającymi drogę krwi natlenionej (układ tętniczy) i utlenionej (układ żylny).



Aby krew była w stanie dostarczyć tlen do wszystkich części ciała, musi ona być pompowana z dużą siłą. I faktycznie, serce jest bardzo sprawną i mocną pompą.

W pierwszym obiegu przepompowuje ono krew natlenioną (czerwoną i bogatą w oksyhemoglobinę) wzdłuż tętnic, które biegną w całym ciele. Kiedy tlen zostanie już dostarczony do komórek, krew utleniona (błękitnawa i zawierająca dezoksyhemoglobinę) wraca przez żyły do serca. Stamtąd zostaje wtłoczona w drugi obieg, czyli najpierw dostaje się do płuc, gdzie jest powtórnie natleniana, a potem wraca do serca. Z niego ponownie jest wysłana do komórek rozsianych po całym organizmie. Tak więc krew krąży w dwóch obiegach: jednym prowadzącym z serca do płuc (małym) i drugim wiodącym z serca do reszty ciała (dużym). Poniżej znajdziesz dokładny opis drogi krwi w organizmie:



Rysunek 9.3.
Wewnętrzna
budowa serca
oraz droga
przepływu krwi

1. Natleniona krew wychodzi z płuc i za pośrednictwem *żył płucnych* dociera do *lewego przedsionka*.
2. Lewy przedsionek kurczy się, wypychając natlenioną krew przez dwudzielną zastawkę do lewej komory.
3. Lewa komora wtłacza ją przez *półksiężycowatą zastawkę aorty* do głównej tętnicy zwanej *aortą*.
4. Natleniona krew krąży po organizmie wzdłuż licznych tętnic odchodzących od aorty.
5. Krew dostarcza tlen do tkanek, gdzie jest on wykorzystywany w procesach metabolicznych, których produktem ubocznym są dwutlenek węgla i woda (patrz rozdział 2.). Dwutlenek węgla wychwytyują *naczynia włosowate* (patrz akapit „Wymiana tlenu: naczynia włosowate” niżej). Po oddaniu tlenu krew staje się *utleniona*.
6. Utleniona krew wraca do serca przez *żyły*.
7. Przechodzi ona przez dwie największe żyły — *główną górną* i *główną dolną*, łączące się z *prawy przedsionkiem*.
8. Prawy przedsionek kurczy się, wtłaczając utlenioną krew przez trójdzielną zastawkę do *prawej komory*.

9. Prawa komora kurczy się, wypychając krew przez *półksiężycowatą zastawkę płucną* do *tętnic płucnych*.
10. Tętnice płucne przenoszą utlenioną krew do *płuc*, gdzie ulega ona ponownemu natlenieniu.
11. Proces ten, czyli przejście krwi z serca do płuc, jej powrót z płuc do serca i rozprowadzenie jej po całym organizmie, powtarza się w każdej minucie Twojego życia.

Termin *krążenie płucne* odnosi się do procesu przepływu krwi między sercem a płucami, natomiast *krążenie systemowe* oznacza przetłaczanie jej pomiędzy sercem a resztą ciała i z powrotem. Oba te obiegi ściśle współpracują ze sobą, aby zapewnić Twoim komórkom stały dopływ tlenu. W żadnym momencie właściwego funkcjonowania układu krążenia we krwi nie może pojawić się nadmiar tlenu ani dwutlenku węgla. Połączenie krążenia płucnego i systemowego pozwala utrzymać homeostazę (patrz rozdział 8.).

Wytwarzanie elektryczności: cykl serca

Niezależnie od tego, czy zdajesz sobie z tego sprawę, czy nie, Twoje ciało „wytwarza” elektryczność. Impulsy nerwowe są generowane zarówno przez mózg, jak i przez serce. W mięśniu sercowym istnieją specjalne włókna tworzące *układ bódźcowo-przewodzący serca*, odpowiedzialny za podtrzymywanie jego rytmu. Największa liczba tych włókien zgromadzona jest w *węźle zatokowo-przedsionkowym*, nazywanym niekiedy *rozrusznikiem*, gdyż to właśnie w nim powstają impulsy regulujące pracę serca. Węzeł ten znajduje się na tylnej ścianie prawego przedsionka, w pobliżu miejsca, w którym żyła główna górna łączy się z sercem. Kiedy przestaje on działać poprawnie, konieczne jest wszczęcie sztucznego rozrusznika. Po wysłaniu przez węzeł zatokowo-przedsionkowy impulsu inicjującego *cykl pracy serca* przebiega następująco:

1. **Prawy i lewy przedsionek kurczą się, pompując krew do rozluźnionych komór.**
2. **Po skurczu przedsionków stymulowanym przez węzeł zatokowo-przedsionkowy, impuls elektryczny przechodzi do węzła przedsionkowo-komorowego (PK).**
Węzeł PK mieści się również przy prawym przedsionku, ale jest położony bliżej przegrody dzielącej oba przedsionki od siebie i od obu komór.
3. **Węzeł PK przekazuje impulsy do włókien znajdujących się w przegrodzie i noszących nazwę pęczków PK lub pęczków Hisa.**

Wiązka PK rozgałęzia się dwukrotnie. Jedna z odnóg prowadzi w prawo, druga zaś w lewo. Na końcach obu znajdują się włókna Purkiniego wysyłające impulsy, które wywołują skurcz komór.

4. **Prawy i lewy przedsionek rozluźniają się, zaś obie komory ulegają jednoczesnemu skurczowi, wtłaczając krew do aorty.**

Następnie krew przechodzi przez układ systemowy, a potem przez tętnice płucne, wpływając do obiegu płucnego.

5. **Oba przedsionki i obie komory rozluźniają się na mniej niż pół sekundy.**

Pełny cykl pracy serca trwa około 0,85 sekundy (co daje średnio 70 uderzeń na minutę). Jeżeli Twój cykl trwa znacznie krócej, oznacza to, że Twoje serce bije zbyt szybko (powyżej 100 uderzeń na minutę — *tachykardia*), natomiast gdy pomiędzy cyklami upływa zbyt długi czas, mówimy o zbyt wolnej akcji serca (poniżej 60 uderzeń na minutę — *bradykardia*).

Trzymać rękę na pulsie



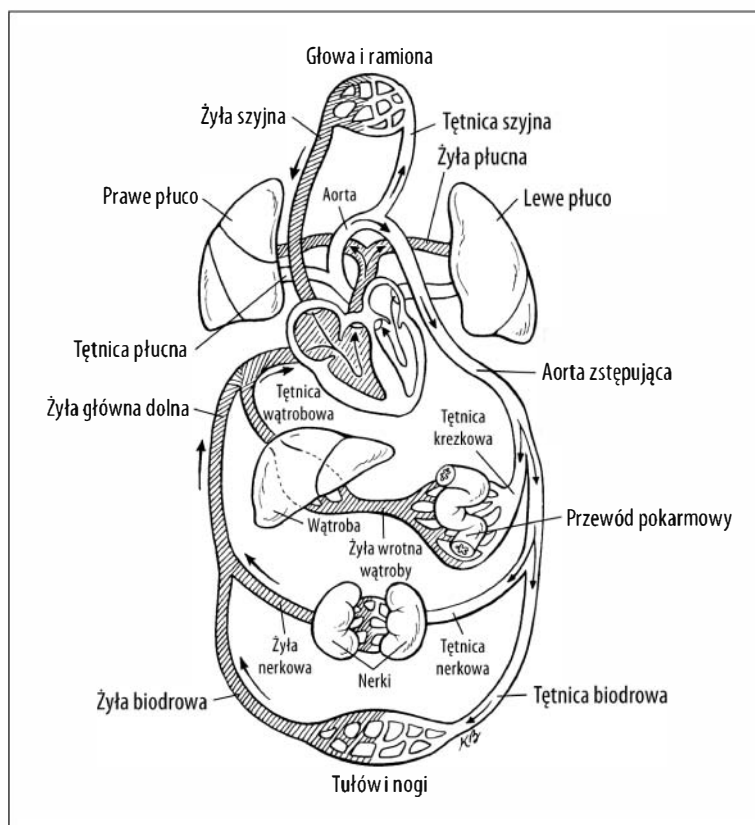
Każdy cykl pracy serca generuje jedno uderzenie. Ich rytm określa się potoczna nazwą *pulsu*. W normalnych okolicznościach serce bije z częstotliwością 70 uderzeń na minutę (w stanie spoczynku), więc przeciętny puls wynosi 70. Można go dobrze wyczuć w wielu miejscach ciała, choć najczęściej sprawdza się go poprzez dotknięcie dowolnym palcem (za wyjątkiem kciuka) wewnętrznej strony nadgarstka lub sercowej arterii biegnącej wzdłuż szyi. Wyczuwany w ten sposób „puls” to w rzeczywistości zmiany średnicy naczynia krwionośnego w chwili, gdy przepływa przez nie krew. Częstotliwość rozszerzania się naczyń krwionośnych dokładnie pokrywa się z cyklem pracy serca.

Jak działają naczynia krwionośne

Tętnicom zwykle odpowiadają żyły posiadające tę samą średnicę. Zarówno jedno, jak i drugie zaopatrują wszystkie narządy, dlatego też ich pary nierzadko dzielą tę samą nazwę. Na rysunku 9.4. zaznaczono największe naczynia krwionośne ludzkiego ciała.



Żyły i tętnice możesz wyobrazić sobie jako przewody prowadzące od serca i łączące je ze wszystkimi częściami ciała, podobnie jak nerwy łączą poszczególne narządy z mózgiem i rdzeniem kręgowym. Analogia ta jest o tyle słuszna, że serce i naczynia krwionośne pokryte są ciągłą i spójną warstwą nabłonka. Dokładnie tą samą tkanką co serce wysłane są biegnące od niego największe naczynia krwionośne: aorta, żyła główna oraz żyły i tętnice płucne, a także wszystkie odchodzące od nich naczynia prowadzące do poszczególnych narządów.



Rysunek 9.4.
Krażenie płucne
i systemowe
w układzie tę-
tnicznym i żylnym

W ciele ludzkim istnieje pięć rodzajów naczyń krwionośnych: *tętnice*, *tętniczki*, *naczynia włosowate*, *żyłki* i *żyły*. Naczynia układu tętniczego (tętnice i tętniczki) zmniejszają się w miarę oddalania się od serca, a ich głównym zadaniem jest dostarczanie do komórek natlenionej krwi. Tętniczki to naczynia pośredniej wielkości przenoszące krew z tętnic do naczyń włosowatych. Analogicznie, żyłki przenoszą utlenioną krew z naczyń włosowatych do żył, skąd trafia ona do serca i płuc. Naczynia włosowate są najmniejszymi naczyniami krwionośnymi służącymi jako połączenia pomiędzy tymi niosącymi krew natlenioną i utlenioną, głównie pomiędzy tętniczkami i żyłkami (patrz „Wymiana tlenu: naczynia włosowate” niżej).

Analiza tętnic i żył

Tętnice charakteryzują się grubymi ściankami. Najbardziej wewnętrzna ich warstwa, zwana *bloną wewnętrzną*, jest zbudowana z tkanki śródbłonkowej, podobnie jak wyściółka serca. Z zewnątrz okrywa ją warstwa elastycznej

tkanki pozwalającej na rozszerzanie się tętnicy. Na tej z kolei znajdują się mięśnie gładkie umożliwiające zwężanie naczynia. Obie te warstwy, elastyczna i mięśniowa, tworzą tzw. *błonę środkową*. Najbardziej zewnętrzną osłoną tętnic jest, jak można się domyślić, *błona zewnętrzna*, stanowiąca grubą warstwę tkanki łącznej.

Żyły są zbudowane w bardzo podobny sposób, choć ich ścianki są zwykle cieńsze niż ścianki tętnic. Ich błona wewnętrzna także składa się z tkanki śródbłonkowej, zaś błonę średnią tworzą warstwy tkanki elastycznej i mięśniowej. Ta ostatnia jest jednak znacznie cieńsza i słabsza w porównaniu z mięśniami tętnic. Jest tak, gdyż przez żyły krew przepływa w nieco inny sposób. Jako że do tętnic wpływa krew wpompowywana do nich przez serce, muszą być one odporne na panujące w nich ciśnienie. Dodatkowo czasami same muszą się kurczyć, aby wymusić przepływ krwi do dalej położonych naczyń, w czym pomaga im właśnie gruba warstwa mięśniowa. Ciśnienie panujące w naczyniach włosowatych jest dużo niższe niż w tętnicach, zaś w żyłach jest ono praktycznie zerowe.

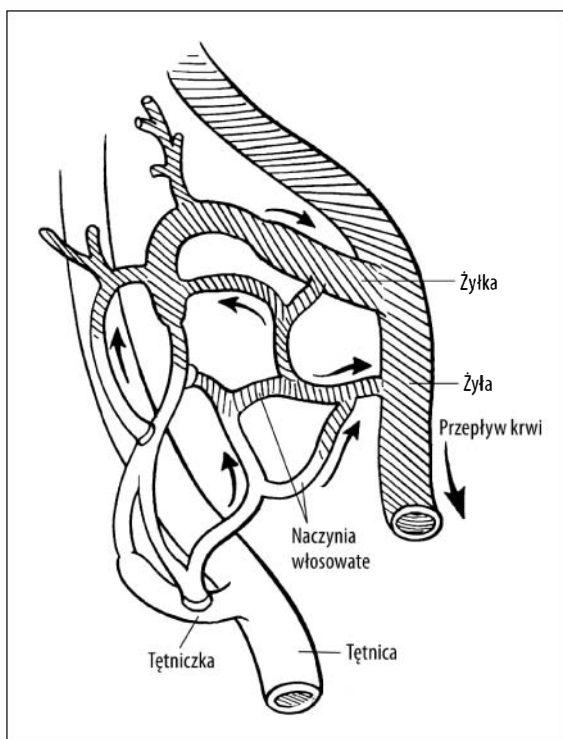
Krew krąży w żyłach w wyniku skurczów mięśni szkieletowych. Kiedy poruszasz rękami, nogami bądź tułowiem, Twoje mięśnie ulegają skurczom, „masując” żyły i pozwalając na przepływ krwi. Dodatkowo w żyłach znajdują się zastawki, pozwalające krwi płynąć tylko w jedną stronę i zapobiegające jej cofaniu. Dzięki temu za każdym razem, gdy jest ona przemieszczana, płynie w stronę serca. Wszystkie żyły zbiegają się w dwóch największych — *żyłę główną górnej* i *żyłę główną dolnej*.

Żyła główna dolna (dolna część żyły głównej łącząca się z dolną częścią serca) powstaje z połączenia *żył biodrowych wspólnych*, które z kolei tworzą się z *żyły biodrowej wewnętrznej*, zwracającej krew z narządów mieszczących się w rejonie miednicy, i *żyły biodrowej zewnętrznej*, przewodzącej krew z nóg. *Żyły nerkowe* przesyłają krew z nerek, *żyła wątrobowa* zwraca ją natomiast z wątroby za pośrednictwem żyły głównej dolnej. Z rąk i głowy utleniona krew wraca do serca przez *żyłę szyjną*, łączącą się z *żyłą główną górną* za pośrednictwem *żyły ramiennie-głowej*, z którą zbiegają się główne żyły rąk: *łokciowa*, *promieniowa* i *podobojczykowa*.

Kiedy natleniona krew opuszcza serce przez aortę, natychmiast trafia do *tętnicy sercowej*, zaopatrującej w nią głowę, lub do *aorty zstępującej*, przekazującej ją do jamy brzusznej i kończyn dolnych. Aorta zstępująca dzieli się na *tętnicę kręzkową*, główną tętnicę układu trawiennego, dwie *tętnice nerkowe* zaopatrujące w krew obie nerki i *tętnicę biodrową wspólną*, doprowadzającą krew do miednicy i nóg.

Wymiana tlenu: naczynia włosowate

Wymiana kapilarna (patrz rysunek 9.5.) to proces, w którym tlen i składniki odżywcze dostają się z krwiobiegu do komórek, natomiast dwutlenek węgla przenika z komórek do krwi.



Rysunek 9.5.
Wymiana kapilarna

Natleniona krew przechodzi przez tętnice i odchodzące od nich tętniczki, a następnie dostaje się do naczyń włosowatych, stanowiących najmniejsze naczynia krwionośne w naszym organizmie. Ich zadaniem jest łączenie żył i tętnic, a ściślej rzecz ujmując — tworzenie połączeń między tętniczkami a żyłkami. Naczynia włosowate znajdują się w prawie każdej części naszego ciała, dlatego człowiek krwawi, nawet gdy lekko przetnie się jego skórę. Ich wszechobecność pozwala docierać tlenowi i substancjom odżywczym nawet do najdalej położonych tkanek i komórek.

Ściana komórkowa naczyń włosowatych ma grubość jednej komórki. Jest ich tak wiele, że mają one kontakt ze wszystkimi tkankami w ciele człowieka. Kiedy krew tętnicza przepływa przez takie naczynie, tlen znajdujący się w niej przenika na drodze dyfuzji bezpośrednio do płynu międzykomórkowego (patrz rozdział 3.). Otacza on wszystkie komórki w danej tkance, co tłumaczy fakt, że Twoja skóra wydaje się miękka i wilgotna, gdy się ją skaleczy. Płyn

międzykomórkowy pośredniczy w przenikaniu różnych substancji do wnętrza komórek. W stanie wolnym tlen jest gazem, a chaotyczny sposób jego poruszania się nie dawałby pewności, że zostanie się do wszystkich potrzebujących go miejsc. Dlatego też, aby usprawnić proces jego transportu, musi on zostać rozpuszczony w wodzie, czyli płynnej frakcji krwi i płynu komórkowego. Po rozpuszczeniu tlenu w płynie tkankowym może on przejść z naczyń włosowatych do płynu międzykomórkowego, a następnie przeniknąć do komórek.

Na leżącym w pobliżu tętniczki końcu naczynia włosowatego tlen i substancje odżywcze (takie jak woda, glukoza i aminokwasy) przechodzą na drodze dyfuzji do płynu tkankowego. Z kolei na końcu położonym bliżej żyłki do płynącej w nim krwi przenika dwutlenek węgla i inne produkty przemiany materii. Następnie substancje te wędrują z krwią do odpowiednich narządów, dzięki którym ulegają wydaleniu z organizmu. Przykładowo dwutlenek węgla dociera do płuc, skąd jest wydychany na zewnątrz.

Pomimo swojej małej średnicy, naczynia włosowate pełnią bardzo istotną funkcję w krwiobiegu, gdyż wymiana tlenu i składników odżywczych możliwa jest wyłącznie w tych i w żadnych innych naczyniach. Poza umożliwianiem takiej wymiany odgrywają one także ważną rolę w utrzymywaniu właściwego ciśnienia krwi (patrz ramka „Ćwiczenia obniżają ciśnienie krwi” poniżej).

Patofizjologia układu krążenia

Czasami zdarza się, że w tym doskonale funkcjonującym strumieniu pojawiają się zatory. W układzie krążenia, podobnie jak w każdym innym układzie naszego organizmu, mogą bowiem powstawać zaburzenia utrudniające nam działanie. Dopóki funkcjonuje on właściwie, krwinki krążą po całym ciele bez przeszkód, ale każde ograniczenie ich ruchu może odbić się negatywnie na naszym zdrowiu. W tym miejscu chciałabym omówić kilka problemów związanych z krążeniem najczęściej występujących w społeczeństwach zachodnich, a mianowicie: nadciśnienie, choroby serca i zawał mięśnia sercowego. Wynikają one głównie ze stylu życia (niewłaściwej diety, stresu i braku ćwiczeń), ale mogą być także wynikiem obciążeń genetycznych. Jednym z typowych dziedzicznych zaburzeń krążenia jest anemia sierpowata, którą także omówię w dalszej części rozdziału.

Nadciśnienie

Ciśnienie krwi (ciśnienie tętnicze) to termin oznaczający siłę, z jaką krew zostaje wypompowana do tętnic. Zależy ona od dwóch istotnych czynników: *wyrzutu serca* i *oporu obwodowego*. Wyrzut serca to ilość krwi wypompowywanej z niego

w czasie jednego skurczu komór, zaś opór obwodowy określa poziom elastyczności („ugięcia”) ścianek naczyń krwionośnych. Im wyższy jest wyrzut serca (czyli im częściej ulega ono skurczom lub im więcej krwi pompuje przy jednym cyklu swojej pracy), tym wyższe musi być ciśnienie doprowadzające krew do pozostałych narządów. Podobnie, im słabiej rozkurczają się naczynia krwionośne (im większy jest ich opór), tym wyższe musi być ciśnienie przepływającej przez nie krwi.

Wzrost ciśnienia krwi uzależniony jest od kilku czynników. Po pierwsze, *reakcja walki lub ucieczki* wywołuje wydzielanie się *adrenaliny* (epinefryny) podnoszącej częstotliwość skurczów serca (patrz rozdział 8.). Inne bodźce emocjonalne, takie jak kontakt seksualny lub lęk, również mogą być przyczyną impulsów zwiększających tempo jego pracy. Zwiększenie częstotliwości skurczów zwiększa jednocześnie wyrzut serca, co podnosi ciśnienie krwi w tętnicach.

Nadmiar *reniny* (enzymu często występującego w zbyt dużych ilościach u osób chorych na nerki) może destabilizować równowagę hormonów i enzymów (tzw. układu reninowo-angiotensynowo-aldosteronowego), w wyniku czego zwiększa się absorpcja sodu. Jego nadmiar sprawia z kolei, że tętniczki kurczą się, co jeszcze bardziej podnosi ciśnienie krwi. Hormon antydiuretyczny (ADH, patrz rozdziały 8. i 12.) wzmacnia natomiast wchłanianie zwrotne wody przez nerki, co zwiększa ilość krwi w organizmie, przyczyniając się do dalszego wzrostu ciśnienia. W normalnych warunkach mechanizm ten stanowi część działań homeostatycznych, ale przy nadmiarze sodu (wynikłym z niewłaściwej diety lub z zaburzenia hormonalnego) ciśnienie może osiągnąć stanowczo zbyt wysoką wartość, co czasami wymaga interwencji lekarza.

Nie należy jednak zapominać, że organizm stara się samodzielnie doprowadzać ciśnienie do optymalnego poziomu. Receptory znajdujące się w tętnicach wykrywają jego wartość i wysyłają stosowne informacje do rdzenia przedłużonego w mózgu (patrz rozdział 7.). Kiedy ciśnienie jest zbyt wysokie, mózg reaguje, wysyłając impulsy mające zmniejszyć częstotliwość skurczów serca oraz rozszerzyć tętniczki, co skutkuje jego obniżeniem.

Nadciśnieniem określa się każde ciśnienie skurczowe wyższe niż 140 mm Hg (milimetrów słupa rtęci) lub rozkurczowe wyższe niż 90 mm Hg. Ciśnienie skurczowe to ciśnienie panujące w tętnicy w momencie skurczu komór, zaś rozkurczowe — panujące tam w chwili ich rozkurczu. Normalna wartość ciśnienia wynosi 120/80 mm Hg. Im jest ono wyższe, tym szybciej pracuje serce i tym większy nacisk wywierany jest na ścianki tętnic.

Nadciśnienie ma wiele potencjalnych przyczyn. Tętnice wyłożone są od wewnątrz śródbłonkiem, który jako tkanka może ulegać naturalnym zmianom. Niektóre choroby (np. cukrzyca czy zaburzenia pracy nerek lub tarczycy) także mogą wywoływać zmiany w naczyniach krwionośnych

i w strukturze ich wyściółki. Styl życia również w znacznym stopniu wpływa na występowanie nadciśnienia. Dotyczy to zwłaszcza nadmiaru sodu i tłuszczów w diecie, braku ćwiczeń, otyłości, stresu, palenia tytoniu lub korzystania z doustnych środków antykoncepcyjnych.

Gdy ciśnienie tętnicze jest chronicznie podwyższone, może to prowadzić do uszkodzenia wnętrza naczyń krwionośnych. Kiedy składające się na nie tkanki ulegają zniszczeniu, płytki krwi gromadzą się w miejscu przerwania ich ciągłości w celu zlikwidowania ubytku, a następnie dołączają do nich białka biorące udział w procesie tworzenia się skrzepu (np. fibrynogen). Kiedy jednak skrzep utworzy się wewnątrz tętnicy, może ją zablokować. Co więcej, może on oderwać się od jej ścianki i przenieść się w inne miejsce ciała. Jeżeli w ten sposób zablokowana zostanie tętnica płucna, może dojść do potencjalnie śmiertelnego *zatoru płucnego*.

Nawet jeżeli nie dojdzie do utworzenia się zakrzepu, nagromadzenie fibryny i płytek krwi może zwęzić światło tętnicy, zaś osocze przesiąkające z uszkodzonego naczynia może wywołać obrzęk wokół miejsca uszkodzenia. W miarę zwięzania się światła tętnic rośnie opór systemowy, co podnosi ciśnienie krwi. Można próbować je zmniejszyć poprzez zmianę trybu życia (patrz ramka „Ćwiczenia obniżają ciśnienie krwi” wyżej) lub stosowanie leków z grupy *beta-blokerów*, wywołujących rozszerzenie naczyń.

Ćwiczenia obniżają ciśnienie krwi

Człowiek może kontrolować swoje ciśnienie, ale wymaga to pewnego wysiłku. Niezależnie od tego, czy będziesz traktować je jako pracę, czy jako przyjemność (osobiście wolę postrzegać je jako rozrywkę), ćwiczenia fizyczne są bardzo korzystne dla Twojego ciała. Nie tylko bowiem wzmacniają one Twoje mięśnie szkieletowe, ale także poprawiają stan kości oraz mięśnia sercowego. Mogą też obniżyć ciśnienie krwi.

Z pewnością wiesz, że w Twoim ciele znajduje się naprawdę dużo naczyń krwionośnych. Czy zdajesz sobie jednak sprawę z tego, że nie wszystkie one pozostają przez cały czas otwarte? Kiedy nie ruszasz się lub nie wykonujesz

pracy fizycznej, część naczyń włosowatych ulega zamknięciu. Znajdujące się wokół nich *mięśnie* kurczą się, blokując do nich dostęp (krew przepływa wówczas z tętnic do żył za pośrednictwem *przetoki tętniczo-żylny*). Kiedy do zamkniętych naczyń nie dopływa krew, niemożliwe jest przekazanie tlenu i substancji odżywczych do pewnych tkanek, co ogranicza zachodzące w nich procesy metaboliczne. Gdy jednak ćwiczysz lub ruszasz się, mięśnie naczyń krwionośnych się rozkurczają, umożliwiając przepływ krwi i właściwy metabolizm. Im więcej naczyń włosowatych jest zaś otwartych, tym więcej jest w Twoim ciele „miejsca” dla krwi, co obniża zarówno opór systemowy, jak i ciśnienie tętnicze. A teraz idź się pobawić!

Choroby serca i wylew krwi

Inną powszechną chorobą wywołaną zwężaniem się tętnic jest *miażdżyca*, znana także pod łacińską nazwą *arteriosklerozy*. Postępujący wraz z wiekiem proces zwężania się tętnic i utraty przez nie elastyczności jest rzeczą naturalną, ale kiedy następuje zbyt szybko lub zbyt wcześnie, poważnie zwiększa to ryzyko pojawienia się *choroby wieńcowej* lub *zawału mięśnia sercowego*. U osób cierpiących na arteriosklerozę na śródbłonku wyściełającym wewnątrz naczyń krwionośnych odkładają się tłuszcze. Następnie na ich warstwie zaczynają osadzać się włókniste płytki, co poważnie zmniejsza światło naczyń, ograniczając dopływ krwi do niektórych narządów (*niedokrwistość*) i wywołując nagłe ataki bólu, powstające w chwili, gdy krew próbuje się przecisnąć przez zablokowane kanały. Zmniejszenie jej przepływu wiąże się też z ograniczeniem dopływu tlenu i substancji odżywczych, co prowadzi zwykle do zaburzeń metabolizmu i szybkiej męczliwości.

Kiedy powyższym zmianom ulegną zaopatrujące serce naczynia wieńcowe, dochodzi do *ataku serca* (*zawału mięśnia sercowego*). W jego trakcie brak tlenu sprawia, że pewna liczba komórek serca ginie. W przypadku silnego ataku obumiera duża jego część, co zwykle prowadzi do śmierci.

Jeśli do podobnych zmian dojdzie w naczyniach krwionośnych zaopatrujących w tlen mózg (czyli wewnętrznych tętnicach sercowych i tętnicach mózgowych), następuje *udar mózgu*, niegdyś określany mianem *apopleksji*. Odcięcie dopływu tlenu do mózgu sprawia, że część tkanki nerwowej obumiera. Objawy udaru są uzależnione od miejsca jego wystąpienia. Jeżeli zniszczona tkanka znajdowała się w ośrodku mowy, może to wpłynąć na zdolność do wyraźnego mówienia, podczas gdy wylew w ośrodku wzroku może być przyczyną ślepoty. Udar może być także wywołany przez pęknięcie naczynia krwionośnego, określane mianem *wylewu*. Przyczyną takiego pęknięcia może być nagromadzenie się krwi za blokującą naczynie przeszkodą.

Choć nigdy nie da się całkowicie zapobiec wystąpieniu zawału serca czy wylewu, a prawdopodobieństwo ich pojawienia się wzrasta wraz z wiekiem (jest też związane z płcią i pochodzeniem), to człowiek jest w stanie zmniejszać szansę powstania tych zaburzeń. Oto kilka wskazówek pozwalających na zminimalizowanie ryzyka wystąpienia wylewu bądź chorób serca:

- ✓ Rzuć palenie, a najlepiej nigdy nie zaczynaj palić.
- ✓ Ogranicz ilość tłuszczów i sodu w diecie. Jedz dużo owoców i warzyw, pieczywo pełnoziarniste, niskotłuszczowy nabiał oraz niezbyt tłuste źródła białka (mięso kurczaka, ryby, orzechy, soję). Nie spożywaj silnie przetworzonych produktów, które zwykle zawierają zbyt dużo cukru, soli lub tłuszczu, a także nie posiadają odpowiednich wartości odżywczych.

- ✓ Staraj się ćwiczyć każdego dnia, aby zapewnić właściwe krążenie krwi w otwartych naczyniach włosowatych, co zmniejszy ryzyko odkładania się płytek krwi w tętnicach i niebezpiecznego wzrostu ciśnienia (patrz ramka „Ćwiczenia obniżają ciśnienie krwi” wyżej).
- ✓ Pij wystarczająco dużo, zapewniając swojemu organizmowi dobre nawodnienie (minimum 2 – 3 litry dziennie). Odwodnienie sprzyja bowiem wzrostowi ciśnienia tętniczego.
- ✓ Staraj się ograniczyć stres, z jakim się stykasz każdego dnia, gdyż w jego chwilach w naszym organizmie pojawia się więcej hormonów zwiększających częstotliwość skurczów serca i ciśnienie, nawet jeżeli sytuacja tego tak naprawdę nie wymaga. Nie denerwuj się z byle powodu i poddawaj się reakcjom stresowym wyłącznie wtedy, gdy zetkniesz się z naprawdę straszną lub niebezpieczną sytuacją.

Anemia sierpowata

Anemia sierpowata jest chorobą dziedziczną, w wyniku której czerwone krwinki zmieniają swój kształt. W normalnych warunkach jest on wyraźnie okrągły, jednakże u ludzi cierpiących na tę chorobę krwinki przyjmują kształt półksiężyca. Co prawda, wyglądem dużo bardziej przypominają bumerangi niż sierpy, ale wyrażenie „anemia bumerangowa” nie brzmi chyba najlepiej.

Anemia sierpowata pojawia się najczęściej u mieszkańców Afryki i ich potomków. Gen za nią odpowiedzialny sprawia, że organizm cierpiących na nią ludzi wytwarza obarczone defektem cząsteczki hemoglobiny, zwanej *hemoglobiną S*. Występuje on u Afrykanów, ponieważ uodparnia swoich nosicieli na *malarię*, chorobę bardzo rozpowszechnioną na kontynencie afrykańskim. Tak więc, paradoksalnie, zmiana o charakterze patologicznym wykształciła się w celu ochrony populacji przed zagrożeniem.

Sierpowate czerwone krwinki żyją krócej niż zwykle i są zdolne do przenoszenia mniejszych ilości tlenu. Szybciej ulegają też *hemolizie* (rozkładowi czerwonych krwinek), a ich kształt sprawia, że częściej blokują się w naczyniach włosowatych. Taki nagły zator wywołuje zwykle ból i obrzęk, a tkanki wokół danego miejsca mogą obumrzeć z braku tlenu i składników odżywczych. Zjawisko to, nazywane *niedokrwistością sierpowatokrwinkową*, może zostać wywołane np. niską temperaturą, stresem, infekcją, niedotlenieniem czy nawet faktem przebywania na dużych wysokościach.

W wyniku niedokrwistości sierpowatokrwinkowej objęta nią tkanka obumiera, zaś narządy (np. nerki) mogą ulec trwałemu uszkodzeniu. W miarę upływu czasu i zwiększania się częstotliwości występowania tych zjawisk uszkodzenia obejmują coraz większą część ciała. Sprawia to, że osoby cierpiące na anemię sierpowatą żyją krócej, choć wykorzystanie transfuzji oraz nowoczesnych leków pozwoliło wydłużyć ten okres z około 30 do 40 – 50 lat.

Rozdział 10

Odetchnąć z ulgą: układ oddechowy

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Przegląd narządów układu oddechowego.
 - ▶ Różnice pomiędzy oddychaniem a wymianą gazową.
 - ▶ Funkcje układu oddechowego.
 - ▶ Jak palenie może zaszkodzić Twojemu zdrowiu.
-

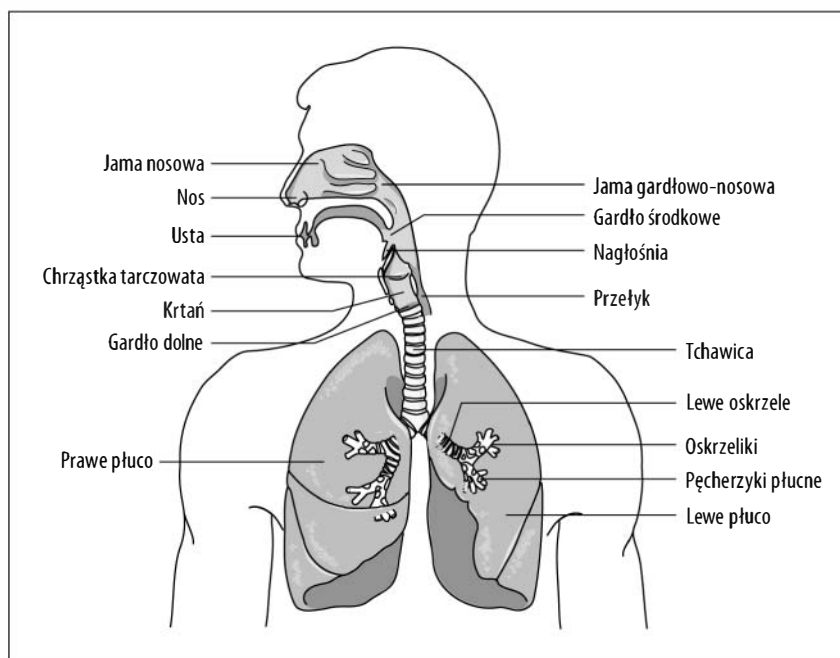
I eżeli czytasz tę książkę, to z całą pewnością mogę założyć, że żyjesz i oddychasz. Ale czy zdajesz sobie sprawę z tego, w jaki sposób oddychanie jest związane z życiem? Gdyby Twój układ oddechowy nie działał poprawnie, nie byłbyś lub nie byłabyś w stanie funkcjonować. Dlatego też w niniejszym rozdziale przyjrzymy się bliżej temu, co składa się na ten bardzo ważny układ zaopatrujący nasz organizm w tlen i dowiemy się, w jaki sposób współpracują jego poszczególne części.

Układ oddechowy posiada kilka podstawowych funkcji:

- ✓ wdychanie i wydychanie powietrza z płuc (wentylacja);
- ✓ wymiana tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy powietrzem w płucach a krwiobiegiem;
- ✓ wymiana tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy krwiobiegiem a komórkami ciała;
- ✓ metabolizowanie tlenu, w wyniku czego w komórkach powstaje dwutlenek węgla (patrz rozdział 2.).

Anatomia układu oddechowego

Choć układ oddechowy pełni bardzo ważną funkcję, jest dość prosty i składa się z niewielu „części”. Do głównych jego narządów zaliczają się: nos, krtań, tchawica, płuca i przepona. W układzie tym znajdują się także narządy pomocnicze pełniące dodatkowe funkcje. Ich przykładem mogą być struny głosowe, współdziałające z gardłem i powietrzem wdychanym przez nos w celu wydania dźwięku. Najważniejsze narządy układu oddechowego przedstawiono na rysunku 10.1.



Rysunek 10.1.
Budowa układu
oddechowego

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Węszenie

Choć zwykle mówi się, że nie należy zadzierać nosa, stań przed lustrem i zrób to. Mówię poważnie. Tak, oznacza to, że musisz na chwilę odłożyć książkę. Widzisz dwa otwory znajdujące się w dolnej części nosa? To *nozdrza*, przez które powietrze dostaje się do płuc. Znajdują się w nich małe włoski, które pełnią dość istotną funkcję. Choć u starszych ludzi mogą być na tyle długie, że trzeba je przycinać, wychwytyują one pył i kurz, zmniejszając szansę przedostania się do płuc szkodliwych drobnoustrojów. Teraz możesz wrócić do lektury. Pozostałe części układu oddechowego znajdują się bowiem we wnętrzu ciała.



Tuż za nozdrzami rozpoczyna się *jama nosowa* podzielona na części *przegrodą nosową*. Wewnątrz niej znajdują się trzy kostne *małżowiny nosowe*, zapewniające większą powierzchnię (na co pozwala ich ślimakowaty kształt). Skóra pokrywająca małżowiny i wyściełająca wnętrze jamy nosowej nosi nazwę *błony śluzowej*, gdyż produkuje śluz, dzięki któremu wdychane powietrze jest ciepłe i wilgotne. Błonę śluzową pokrywają *rzęski* wychwytyjące zanieczyszczenia obecne we wdychanym powietrzu.



W kąciakach oczu znajdują się *gruczoły łzowe* wydzielające łzy, które spływają *kanalikami łzowymi* do wnętrza jamy nosowej. Dlatego właśnie cieknie Ci z nosa, gdy płaczesz.

Zatoki to puste przestrzenie w kościach czaszki zmniejszające ich masę. Łączą się one z jamą nosową, przez co podczas oddychania również wypełniane są powietrzem. Podobnie jak jama nosowa pokryte są też błoną śluzową, która, jak każda śluzówka, może ulec zakażeniu lub zapaleniu. Kiedy zapalenie jamy nosowej zostanie przeniesione na zatoki, mówimy o *zapaleniu zatok*. Często towarzyszą mu silne bóle głowy wynikłe z zablokowania ich ujścia przez nagromadzony śluz lub obrzęk śluzówki.

Przełykanie faktów



Przez gardło przechodzi zarówno pokarm (zmierzający do przełyku), jak i powietrze (wędrujące do i z płuc). Podczas wdechu przechodzi ono także przez kilka istotnych narządów, jak np. krtań i migdałki.

Gardło dzieli się na trzy części. Są to:

- ✓ **jama gardłowo-nosowa:** górna część gardła, do której uchodzi jama nosowa;
- ✓ **gardło środkowe:** środkowa część gardła łącząca się z jamą ustną;
- ✓ **gardło dolne:** dolna część gardła, w której mieści się krtań i struny głosowe.

Krtań jest narządem o trójkątnym kształcie. Przy jej ostrym wierzchołku leży *chrząstka tarczowata* potocznie zwana *jabłkiem Adama*. Patrząc na krtań z góry, można zobaczyć *szparę głosową* (*szparę głosiń*), przez którą przechodzi powietrze. Kiedy coś przełykasz, ulega ona zakryciu przez płatek tkanki zwany *nagłośnią*, chroniący tchawicę przed przedostaniem się do niej obiektów stałych. Stąd właśnie, kiedy się zakrztusisz, niektórzy mogą określić to wyrażeniem „nie w tę dziurkę poszło”. W takiej sytuacji kaszlesz, dopóki nie pozbędziesz się z tchawicy obcych ciał.



Dlaczego jedzenie i picie mogą wytrysnąć nosem?

Czy kiedykolwiek zdarzyło Ci się śmiać tak mocno, że wszystko, co znajdowało się akurat w Twoich ustach, wytrysnęło nosem? Jeżeli zastanowiło Cię, jak to możliwe, czytaj dalej. Jamy nosowa i ustna przedzielone są bowiem podniebieniem, które w pobliżu zębów jest sztywne i nosi nazwę *podniebienia twardego*, zaś w tylnej części jamy ustnej przechodzi w *podniebienie miękkie*.

Za podniebieniem miękkim leży przestrzeń stanowiąca jamę nosowo-gardłową, która łączy te

dwie części ciała. W czasie przełykania podniebienie miękkie przesuwają się do tyłu, blokując ją i uniemożliwiając dostanie się pokarmu do nosa. Kiedy jednak śmiejesz się podczas jedzenia, wpada ono w dysonans. Co prawda, podczas przełykania przesuwają się automatycznie w tylne położenie, lecz jeżeli w tej chwili gwałtownie się zaśmiejesz, może przemieścić się do przodu, otwierając dostęp do jamy nosowej. Wszystkiemu, co aktualnie znajduje się w Twoich ustach. Efekty są zwykle bardzo zabawne, aczkolwiek niekoniecznie dla Ciebie.

Wewnątrz krtani znajdują się *struny głosowe*, które wibrują w chwili, gdy przechodzi przez nie powietrze. Dźwięk wydawany przez nie to nic innego, jak ludzki głos. Im silniej wibrują, tym głośniejsza jest mowa. Same struny to błony śluzowe pokrywające więzadła elastyczną tkanką (więcej na temat więzadeł znajdziesz w rozdziale 4.). Naciąganie strun głosowych powoduje zwężenie krtani, co w efekcie daje wyższy ton głosu.

W chwili, gdy to piszę, moja córeczka śpiewa tak głośno, jak tylko pozwalają na to jej dwuletnie płuca. Jej młode struny głosowe są bardzo mocno napięte i niezwykle silnie wibrują, przez co jej głos, jak głos każdego dwulatka, jest bardzo wysoki i niezwykle donośny.

Przez tchawicę do płuc



Twoja *tchawica* to elastyczny przewód łączący gardło z płucami. Tuż za mostkiem (patrz rozdział 4.) dzieli się ona na dwie odnogi zwane *oskrzelami*. Każda z nich łączy tchawicę z jednym płucem, rozgałęziając się na coraz mniejsze oskrzeliki tworzące tzw. *drzewo oskrzelowe*. Na końcach najmniejszych oskrzelików znajdują się *pęcherzyki płucne*, których łączną liczbę szacuje się na ok. 300 milionów w obu płucach. Do nich dochodzą naczynia włosowate.



Choć pęcherzyki płucne są najmniejszymi częściami układu oddechowego, są w nim jednocześnie najliczniejsze i najważniejsze, gdyż to właśnie w nich zachodzi proces wymiany gazowej. Tlen przechodzi z nich do otaczających je naczyń włosowatych, z których przedostaje się do pozostałych naczyń krwionośnych. Podobnie też dzieje się z dwutlenkiem węgla, choć ten zmierza w odwrotną stronę, czyli z naczyń włosowatych do płuc, dzięki

czemu może zostać usunięty podczas wydechu. Ścianka pęcherzyka i ścianka stykającego się z nim naczynia tworzą wspólnie błonę, w której zachodzi wymiana gazowa (patrz też sekcja „Przejście przez błonę oddechową”).

Wyściółka płuc



Wilgotna błona surowicza „przykleja” płuca do ścian jamy piersiowej (patrz rozdział 1.). *Opłucna* opina je zaś szczelnie i otacza *śródpierście*, czyli położoną między płucami przestrzeń, w której znajduje się serce, grasica i część przełyku. Opłucna zbudowana jest z dwóch blaszek błony surowiczej: opłucnej płucnej i ściennej.

Pomiędzy obiema warstwami znajduje się *jama opłucnej* wypełniona płynem utrzymującym wilgoć obu błon. Jako że płyn ten znajduje się pod ciśnieniem niższym niż atmosferyczne, płuca pozostają napięte. Jeżeli do jamy opłucnej dostanie się powietrze, zmiana ciśnienia spowoduje zapadnięcie się płuca (odmę) uniemożliwiające wymianę gazową. Gdy zapadnięciu ulegną oba płuca, może się to skończyć śmiercią w wyniku uduszenia.

Życiodajny oddech

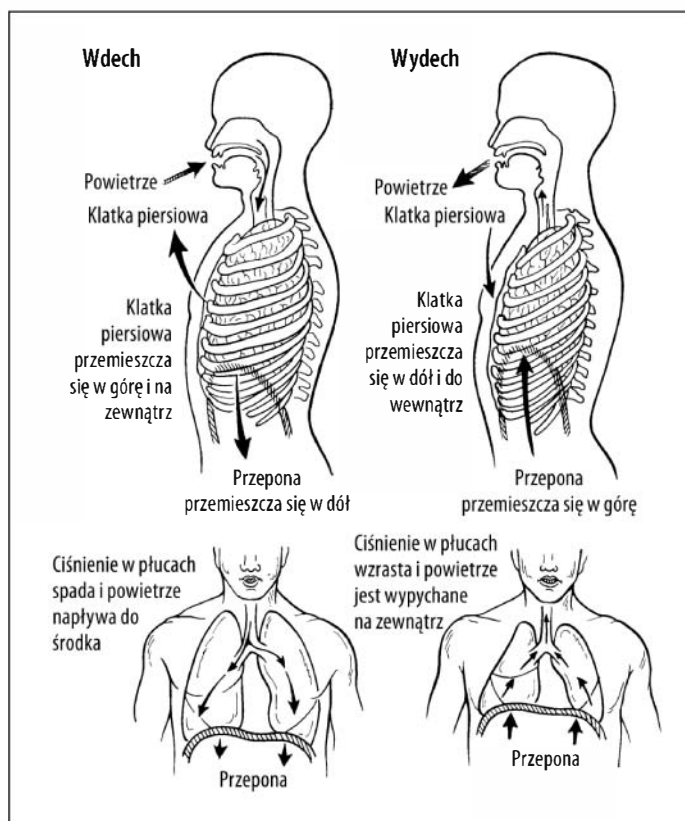
Mianem oddychania określa się potocznie wiele procesów zachodzących w organizmie, z których wszystkie polegają na dostarczeniu do niego niezbędnego do życia tlenu.



Oddychanie zewnętrzne (wdychanie i wydychanie) nie jest tym samym co *wymiana gazowa* czy *oddychanie wewnątrzkomórkowe*, ale, podobnie jak pozostałe procesy, nie wymaga ono naszej uwagi. Jest to cykl przemian metabolicznych umożliwiających ruch przepony, klatki piersiowej i płuc, w wyniku którego do naszego organizmu dostaje się powietrze (patrz rysunek 10.2.).

Wdech polega na wciąganiu powietrza do płuc (patrz rysunek 10.2), a w czasie jego trwania otwarte są wszystkie drogi oddechowe (czyli oskrzela, oskrzeliki i pęcherzyki płucne). Możesz wyobrazić sobie wdychane powietrze jako mgłę, która kolejno je wypełnia. Ruch mięśni i płuc wytwarza próżnię (a ściślej rzecz ujmując — podciśnienie), którą wypełnia powietrze z atmosfery. Pracę płuc możesz porównać do pracy miecha kowalskiego, którego rozciąganie powoduje zasysanie powietrza.

Cały proces wdychania i wydychania sterowany jest przez mózg. Znajdujący się w nim rdzeń przedłużony (patrz rozdział 7.) zawiera *ośrodek oddychania*. W nim z kolei znajdują się komórki nerwowe, które wysyłają impulsy pozwalające na wdech. Poniższej pokazany został cały proces — od pojawienia się impulsu po wzięcie oddechu:



Rysunek 10.2.
Proces wdechu
i wydechu

1. Kiedy specjalny chemoreceptor (patrz rozdział 7.) w tętnicy sercowej wykrywa podwyższony poziom dwutlenku węgla lub jonów wodorkowych (jony to atomy posiadające ładunek elektryczny, patrz też rozdział 5.; te oznaczają nadmierną kwasność), wysyła do ośrodka oddechowego impuls mający zapoczątkować reakcję oddechową.
2. Gdy komórki ośrodka oddechowego odbiorą sygnał, wysyłają do przepony i mięśni klatki piersiowej impulsy mające wywołać ich skurcz.
Przepona to mięsień leżący w dolnej ścianie jamy piersiowej, odpowiedzialny za wdech i wydech (patrz rysunek 10.2.).
3. Kiedy mięśnie otaczające klatkę piersiową (zewnętrzne mięśnie międzyżebrowe) kurczą się, przemieszcza się ona w górę i na zewnątrz.
4. W tym samym momencie przepona również ulega skurczowi, przemieszczając się w dół i powiększając przestrzeń jamy klatki piersiowej, podobnie jak rozciągany miech kowalski.
5. W miarę powiększania się tej przestrzeni panujące w niej ciśnienie spada. Aby je wyrównać, powietrze napływa do płuc przez nos (i otwarte usta). Dzięki temu pęcherzyki płucne i same płuca ulegają powiększeniu.



Odmierzony oddech

Aby określić, czy odpowiednio oddychasz i czy Twoje płuca pracują właściwie, lekarz może zmierzyć ilość wdychanego i wydychanego przez Ciebie powietrza, ilość powietrza pozostającego w płucach po wydechu oraz maksymalną jego objętość, jaką jesteś w stanie w nich zmieścić.

W większości przypadków ludzie wdychają i wydychają ok. 500 ml przy każdym cyklu oddechowym, choć, rzecz jasna, można też oddychać głębiej. Maksymalna ilość powietrza, jaką można wciągnąć do płuc po spokojnym wydechu, to tzw. *pojemność wdechowa* (IC). Największa objętość gazu, jaka może przejść przez płuca w jednym cyklu, to natomiast tzw. *pojemność życiowa* (VC). Przy bardzo głębokim wdechu ludzie są w stanie wciągnąć do płuc ok. 3100 ml powietrza, co jest wartością o wiele większą niż typowe 500 ml. $VC - IC$ to *objętość*

zapasowa wdechowa (IRV), czyli wartość określająca to, jak wiele powietrza można wciągnąć dodatkowo przy maksymalnym wysiłku.

Podobnych pomiarów można dokonać także w odniesieniu do wydechu. *Objętość zapasowa wydechowa* (ERV) to ilość powietrza, jaką dodatkowo możesz wydalić z płuc po zwykłym wydechu. Średnia ERV to ok. 1400 ml. Podsumowując, $VC = IC + IRV + ERV$. Teraz już jasne?

Poza tym, nawet kiedy z całych sił staramy się wycisnąć z płuc resztki powietrza, pozostaje w nich pewna jego ilość określana mianem *objętości zalegającej*, która na ogół równa się 1000 ml. Dodatkowo część pobieranego do układu oddechowego gazu nie dociera do płuc. Jest to tzw. *martwa przestrzeń*, czyli objętość powietrza pozostającego w tchawicy, gardle i jamie nosowej, gdzie nie zachodzi wymiana gazowa.

6. Po dotarciu powietrza do płuc ośrodek oddechowy przestaje wysyłać sygnały wywołujące skurcze przepony i klatki piersiowej.
7. Kiedy impulsy przestają płynąć, przepona rozluźnia się i wraca do swojej górnej pozycji (w wyniku działania tonusu¹ mięśni brzucha), zaś żebra po rozluźnieniu mięśni klatki piersiowej opadają pod własnym ciężarem.

Działania te pozwalają zwiększyć ciśnienie w płucach, co sprawia, że gaz zostaje wydany na zewnątrz przez nos i usta. Wydech przypomina zatem wydmuchnięcie powietrza ze ściśniętego miecha.

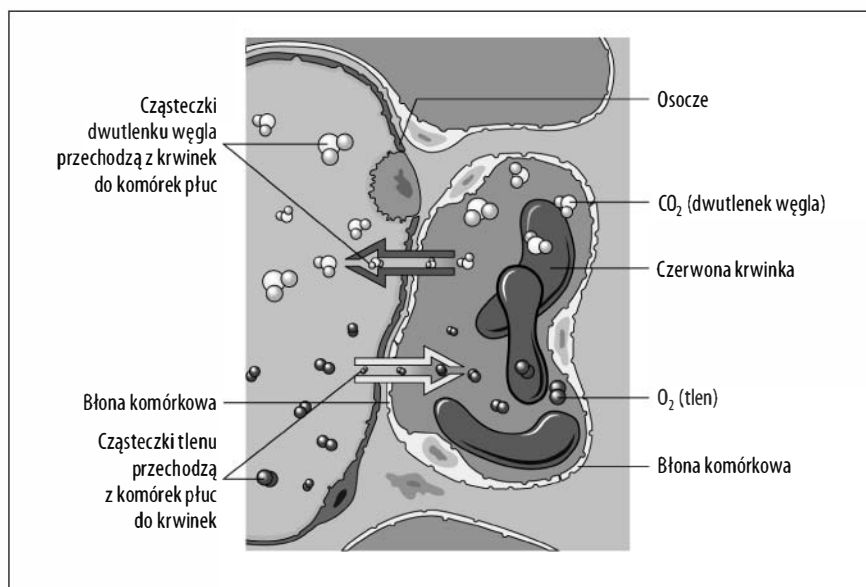
Przejdźcie przez błonę oddechową

Układ oddechowy byłby bezużyteczny, gdyby nie błona oddechowa. Do czego bowiem potrzebowalibyśmy wdechów i wydechów, gdyby nasz organizm nie był w stanie przejść gazów znajdujących się w powietrzu.

¹ Lekkie fizjologiczne napięcie mięśni szkieletowych, powstające na skutek niewielkich impulsów nerwowych wytwarzanych przez mózdzek — *przyp. tłum.*

Powietrze jest bowiem ich mieszaniną. Co ciekawe, składa się ona przede wszystkim z azotu, a tak ważny dla organizmów żywych tlen stanowi niewiele ponad 20%. Ponadto w powietrzu znajdują się też dwutlenek węgla, wodór, tlenki siarki i inne związki.

Błona oddechowa nie jest w rzeczywistości jedną błoną, ale połączeniem dwóch, w których zachodzi wymiana gazowa (patrz: „Przez tchawicę do płuc” wyżej), czyli błony pęcherzyków płucnych i błony otaczającej towarzyszące im naczynia włosowate. Termin „wymiana gazowa” oznacza zaś zamianę wydalanego z płuc dwutlenku węgla na świeżą porcję przenikającego do krwi tlenu (patrz rysunek 10.3.).



Rysunek 10.3.
Natlenianie
krwi w błonie
oddechowej

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 2, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Wymiana gazowa trwa nie dłużej niż 1 – 2 sekundy. A oto, co zachodzi w tym krótkim czasie:

1. Dwutlenek węgla i woda przenikają na drodze dyfuzji (w rozdziale 3. znajdziesz więcej informacji na jej temat) przez błonę naczyń włosowatego do pęcherzyka płucnego.
2. W ten sam sposób tlen przechodzi z pęcherzyka do naczyń włosowatego, gdzie natychmiast wiąże się z hemoglobiną zawartą w czerwonych krwinkach (patrz rozdział 9.).
3. W krwinkach tych tworzy się oksyhemoglobina, nadając natlenionej krwi jasnoczerwoną barwę (patrz rozdział 9.).
4. Po jej utworzeniu temperatura w naczyniu włosowatym lekko spada. Ten pozornie trywialny proces chroni przed nadmiernym wzrostem ciepłoty ciała.

Teraz krew w naczyniu włosowatym jest natleniona. Aby jednak tlen mógł zostać wykorzystany, musi on wrócić z płuc do serca, skąd zostanie rozproszony po całym organizmie za pośrednictwem tętnic (patrz rozdział 9.).

Wymiana gazów pomiędzy krwią i komórkami

Kiedy natleniona krew jest pompowana do tętnic, wraca przez nie do naczyń włosowatych, ale tym razem są to naczynia rozmieszczone w całym ciele. Gdy do nich dociera, cząsteczki tlenu przenikają przez ściany naczyń do otaczającego je płynu tkankowego. W tym samym momencie dwutlenek węgla przechodzi do żył i wraca do płuc, po czym jest wydychany (więcej na temat mechanizmu dyfuzji znajdziesz w rozdziale 3.).

Twe komórki zużywają tlen w procesie oddychania tlenowego (patrz rozdział 2.). Tlen i dwutlenek węgla przechodzą pomiędzy komórkami a naczyniami włosowatymi, ponieważ krew zawiera więcej tlenu a mniej dwutlenku węgla niż płyn komórkowy. Substancje te przenikają więc na odpowiednią stronę, aby wyrównać stężenia. W ten sposób tlen przenika do komórek, gdyż jest go tam mniej, a dwutlenek węgla do naczyń włosowatych, ponieważ w komórkach jego stężenie jest wyższe niż w krwiobiegu.



Dwutlenek węgla jest transportowany we krwi na kilka sposobów.

- ✓ Część hemoglobiny przylączy go, zmieniając się w *karboksyhemoglobinę*, która jest przenoszona przez krew tak jak oksyhemoglobina. Dwutlenek węgla jest uwalniany w pęcherzykach płucnych.
- ✓ Mała część dwutlenku węgla rozpuszcza się w osoczu i w ten sposób jest transportowana do płuc.
- ✓ Część molekuł tego gazu łączy się z wodą, tworząc dwuwęglany, czyli sole kwasowe znacznie mniej toksyczne dla komórek niż sam dwutlenek węgla. Ten rodzaj związków jest więc „bezpieczny” do transportowania. Kiedy krew dociera do płuc, dwuwęglany rozpadają się, wydzielając dwutlenek węgla i wodę (dlatego właśnie Twój oddech zawiera wilgoć).

Kiedy komórka zużyje większość swojego tlenu, wytwarzając w czasie reakcji dwutlenek węgla, w sąsiadującym z nią naczyniu włosowatym pojawia się krew, a oba gazy zamieniają się miejscami. Komórka pobiera potrzebny jej tlen,

a odutleniona krew przepływa dalej, przechodząc z naczyń włosowatych do żył. Po powrocie do serca zostaje wpompowana z powrotem do płuc, docierając do znajdujących się w nich naczyń włosowatych.

W tym momencie cały proces zaczyna się od nowa. Tlen przechodzi z pęcherzyków płucnych do naczyń włosowatych, zaś dwutlenek węgla przenika z nich do pęcherzyków. W ten sposób krew zostaje z powrotem natleniona i wysłana do serca, aby mogła zostać przeniesiona do pozostałych części organizmu. Dwutlenek węgla zostaje zaś usunięty z płuc na zewnątrz podczas wydechu.

Co może pójść nie tak

Wdech, wydech... To banalnie proste, więc niewiele może się tu uszkodzić, prawda? Cóż, chociaż Twoje ciało działa w doskonale dobranym rytmie, czasami może on zostać zakłócony albo całkowicie zmieniony na skutek choroby. Zaburzenia nie omijają bowiem układu oddechowego, a co więcej, jest ich całkiem sporo. W niniejszej części rozdziału postaram się przedstawić niektóre z nich.

Astma

Astma jest najprawdopodobniej jedną z najbardziej znanych ze wszystkich chorób, nie tylko tych dotyczących układu oddechowego. Wykrywa się ją u coraz większej ilości osób, co może mieć związek z rosnącym zanieczyszczeniem powietrza. Coraz większą część chorych stanowią dzieci.

Astmę zalicza się do chronicznych chorób dróg oddechowych. Polega ona na tym, że drogi te, takie jak oskrzela lub oskrzeliki, czasami zwężają się lub nawet zamykają w chwili napotkania określonych bodźców. Oskrzelka mogą ulegać skurczom, zaś ich śluzówka może puchnąć bądź wytwarzać nadmierną ilość śluzu. Każda z tych reakcji może doprowadzić do niedrożności dróg oddechowych.

W przebiegu *łagodnej* astmy pojawia się kaszel i krótki lub świszczący oddech, zwłaszcza pojawiający się po wysiłku fizycznym. Objawy te mogą też występować co najmniej dwa razy w tygodniu bez wykonywania ćwiczeń lub ciężkiej pracy. Objawami *umiarkowanej* astmy są: krótki oddech, kłopoty z oddychaniem podczas odpoczynku oraz przyspieszone jego tempo (jak w przypadku osób starających się złapać powietrze). Ataki takie mogą trwać kilka dni. *Poważna* astma zwykle objawia się wyraźnie świszczącym oddechem i zaburzeniami oddychania, a także obniżonym poziomem tlenu we krwi (*hipoksemia*).

Na szczęście dla osób cierpiących na astmę, istnieją lekarstwa pomagające zmniejszać opuchliznę dróg oddechowych, a także zmniejszające podatność na wywołujące ją reakcje alergiczne. Czasem chorzy muszą oddychać czystym tlenem w celu zwiększenia jego zawartości we krwi. W przypadku gwałtownych ataków astmy niejednokrotnie konieczne jest używanie mechanicznych inhalatorów pozwalających odzyskać naturalną zdolność do oddychania.

Istnieją dwa rodzaje astmy różniące się charakterem wywołujących ją czynników.

Astma egzogenna

Czynniki wywołujące astmę egzogenną pochodzą spoza ciała. Najczęściej zaliczają się do nich:

- ✓ kocia sierść,
- ✓ pyłki,
- ✓ kurz,
- ✓ zarodniki pleśni,
- ✓ zanieczyszczenie powietrza na zewnątrz,
- ✓ zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniach (np. sadzą lub dymem papierosowym).

Astma endogenna

Jej przyczyną są nie tyle alergeny, co pewne czynniki występujące wewnątrz ciała. Są nimi na ogół ciężkie zapalenia dróg oddechowych, ale mogą to być również:

- ✓ zmiany hormonalne,
- ✓ zmiany środowiska (np. temperatury i wilgotności powietrza),
- ✓ opary stężonych środków chemicznych (np. środków czystości),
- ✓ stres,
- ✓ zmęczenie.



Jak w przypadku większości chorób, znacznie lepiej jest astmie egzogennej zapobiegać niż ją leczyć. Dlatego też staraj się unikać czynników ją wywołujących.

Zapalenie oskrzeli

Zapalenie oskrzeli oznacza ich stan zapalny, który może pojawić się w wyniku infekcji lub wdychania drażniących substancji czy zimnego powietrza. Jeżeli zapalenie jest wywołane przez wirusa lub bakterię atakujące jamę nosową i oskrzela, organizm produkuje większą ilość śluzu, co wywołuje napady kaszlu. Zapalenie takie może przejść samoistnie lub po zastosowaniu antybiotyków.

Chroniczne zapalenie oskrzeli nie zawsze jest jednak wywołane infekcją. Równie dobrze jego przyczyną może być długotrwałe palenie lub wdychanie innych gazów podrażniających błonę wyściełającą oskrzela. Błona ta pokryta jest drobnymi rzęskami wychytującymi zanieczyszczenia, kiedy jednak zostaną one uszkodzone, organizm traci możliwość skutecznej obrony przed pyłem, kurzem i podobnymi czynnikami (więcej informacji na temat rzęsek znajdziesz w rozdziale 2.). Próbuąc się chronić, wydziela on coraz więcej śluzu, mającego przechwycić pył, co staje się przyczyną *mokrego kaszlu* (połączonego z odkrztuszaniem śluzu wraz z przechwyconymi przez niego zanieczyszczeniami).



Chroniczne zapalenie oskrzeli skutkuje tym, że oskrzeliki mają problemy z przekazywaniem powietrza. Zmniejszenie jego ilości w układzie oddechowym zaburza równowagę poziomu tlenu i dwutlenku węgla. Osoby cierpiące na tę chorobę cechują się zwykle obniżoną zawartością tlenu we krwi, gdyż do ich płuc trafia mniej powietrza niż do płuc osób zdrowych.

W wyniku obniżenia ilości dostępnego tlenu chroniczne zapalenie oskrzeli może wpływać szkodliwie na działanie innych układów ludzkiego ciała, nie tylko na oddechowy.

Niski poziom tlenu we krwi może pobudzić nerki do produkcji hormonu przyspieszającego tworzenie czerwonych krwinek. Stanowi to próbę poprawy transportu tlenu, gdyż krwinki te odpowiedzialne są właśnie za jego rozprowadzanie po organizmie. Jednakże zbyt duża ich liczba może wywołać zaburzenie zwane *polycytemią*, w wyniku którego we krwi znajduje się zbyt mało hemoglobiny, by tlen mógł się skutecznie z nią wiązać, co zmniejsza zdolność do jego przenoszenia pomimo dużej ilości krwinek. Niedotlenienie łatwo jest rozpoznać, przyglądając się wargom, paznokciom i innym częściom ciała, w których naczynia krwionośne znajdują się tuż pod skórą. Jeżeli miejsca te mają błękitną barwę, jest to oznaką braku tlenu.

U osób cierpiących na chroniczne zapalenie oskrzeli mogą też pojawiać się zaburzenia pracy serca i nadciśnienie. Ciągłe próby zwiększenia dostępu tlenu do krwi mogą wywoływać kurczenie się naczyń krwionośnych w płucach. Z czasem prowadzi to do zwiększenia się w nich ciśnienia oraz wzmożonej aktywności prawego przedsionka i jego przerostu, co może stać się przyczyną zaburzenia pracy serca.



Przerost prawego przedsionka oznacza, że staje się on zbyt duży i rozszerzony. Początkowo ma to na celu dostarczanie większych ilości krwi do płuc, ale w przypadku osób cierpiących na chroniczne zapalenie oskrzeli zaburzenie to zwykle nie pełni funkcji adaptacyjnej, a prognoza na przyszłość w jego przypadku jest zwykle kiepska.

Zapalenie płuc

Zapalenie płuc jest chorobą potencjalnie śmiertelną, gdyż ogranicza ona wymianę tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy pęcherzykami płucnymi a naczyniami włosowatymi. Jej przyczyną może być infekcja bakteryjna, wirusowa lub grzybicza, a jej głównym objawem jest odkładanie się śluzu i wydzieliny ropnej w pęcherzykach płucnych, co w dużym stopniu utrudnia wymianę gazową.

Kiedy pęcherzyki zostają zablokowane, nie są one w stanie dostarczyć tlenu naczyniom włosowatym ani przyjąć od nich dwutlenku węgla. W wyniku tego osoby cierpiące na zapalenie płuc posiadają mniej tlenu w swoim krwiobiegu. W przypadku *zapalenia płucno-oskrzelowego* zaatakowane zostają pęcherzyki płucne i oskrzela, *zapalenie płacikowe* atakuje część płuca, przy *zapaleniu płatowym* stan zapalny obejmuje natomiast cały jego płat.

Bakterie, wirusy i grzyby (zwane łącznie *patogenami*) mogą przedostać się do płuc na kilka sposobów: drogą wziewną, przechodząc z niewysterylizowanego sprzętu medycznego lub też z wymiocin, których drobiny dostaną się do tchawicy. W tym ostatnim przypadku kwasy żołądkowe mogą uszkodzić błonę śluzową dróg oddechowych, zwiększając ich podatność na infekcję, a stałe elementy znajdujące się w żołądku mogą te drogi zablokować, prowadząc do zakażenia, które może rozwinąć się w zapalenie płuc.

Niezależnie jednak od przyczyn objawy zapalenia płuc są zwykle takie same. Najczęściej zaliczają się do nich dreszcze i stan gorączkowy, a także kaszel i dochodzące z płuc trzeszczenie. Niektórzy odczuwają też bóle głowy, stawów, gardła i klatki piersiowej, zmęczenie oraz krótki oddech. Czasami pojawia się też cyjanoza (błękitnawe zabarwienie okolic ust i paznokci) oraz przyspieszenie akcji serca.

Osoby o sprawnym układzie oddechowym i odpornościowym są zwykle w stanie samodzielnie zwalczyć zapalenie płuc i przywrócić dawny stan zdrowia, choć u niektórych grup, m.in. u palaczy i alkoholików, prawdopodobieństwo wystąpienia choroby i jej powikłań jest większe. Dodatkowo na podobne ryzyko narażeni są ludzie:

- ✓ chorzy na raka,
- ✓ przechodzący operację jamy brzusznej lub klatki piersiowej,

- ✓ cierpiący na chroniczne choroby dróg oddechowych (astma, mukowiscydoza, zapalenie oskrzeli),
- ✓ przyjmujący leki osłabiające działanie układu odpornościowego (np. kortykosterydy),
- ✓ niedożywieni,
- ✓ cierpiący na anemię sierpowatą,
- ✓ chorzy na AIDS.

Metoda leczenia zapalenia płuc zależna jest od konkretnego przypadku. Antybiotykami mogą być zwalczane jedynie infekcje bakteryjne, więc wirusowe zapalenie płuc może być leczone wyłącznie na drodze wzmacniania układu odpornościowego pacjenta, który musi sam pokonać chorobę.

Gruźlica

Gruźlica to bakteryjna infekcja płuc, za którą odpowiadają bardzo trudne do wyeliminowania bakterie *Mycobacterium tuberculosis* (zwane też *prątkami Kocha*). Obecnie jednak choroba ta jest uleczalna, pod warunkiem wczesnego rozpoznania i przeprowadzenia właściwego (na ogół także długotrwałego) leczenia.

Przebieg gruźlicy wygląda następująco:

1. Osoba chora na gruźlicę kicha lub kaszle w Twojej obecności. Do Twoich dróg oddechowych dostają się drobne kropelki płwociny zawierające bakterie.
2. Twój system odpornościowy odpowiada na obecność bakterii tak jak na obecność każdego patogenu, czyli wysyła w miejsce infekcji makrofagi i białe krwinki (patrz rozdział 13.). Te pochłaniają bakterie i przenoszą je do węzłów chłonnych, tak jak dzieje się to przy każdej infekcji.
3. W tym momencie makrofagi zaczynają działać nietypowo. Zbijają się bowiem w *guzki* niszczące każdą tkankę, w której się osadzają, wytwarzając wokół siebie tkankę bliznowatą.
4. Kiedy odpowiednia liczba guzków otoczona zostanie tkanką bliznowatą, węzeł chłonny ulega zapaleniu i może zostać uszkodzony. W tym ostatnim przypadku infekcja może rozprzestrzenić się na inne tkanki. Jako że węzły chłonne znajdują się w całym ciele, zakażenie szybko trafia z płuc do innych jego rejonów.

Tkanka płuc może ulec zapaleniu a następnie obumrzeć, tworząc ubytek w oskrzeli bądź w miąższu płuca, co może wywołać *odmę* płucną (ucieczkę powietrza z uszkodzonego narządu, co prowadzi do jego zapadnięcia się).

Jednym z najpoważniejszych problemów w przypadku gruźlicy jest jej długi okres inkubacji, sprawiający, że osoba może dowiedzieć się o swojej chorobie dopiero w długi czas po zakażeniu, w międzyczasie zarażając innych. To dość dobry powód, aby zawsze zasłaniać usta i nos przy kaszlu i kichaniu!

Rozedma płuc

Rozedma to *chroniczne zaburzenie pracy płuc*. Choć jest ona wiązana zwykle z palaczami tytoniu, dotyka również osób często stykających się z chemikaliami, azbestem lub węglem. W miarę upływu czasu kontakt z tymi drażniącymi substancjami może powodować uszkodzenie oskrzelików, przez co powietrze zostaje zablokowane w naczyniach. Zatrzymane w ten sposób wywołuje pęknięcia pęcherzyków płucnych, zmniejszając liczbę miejsc, w których może dochodzić do wymiany gazowej. Zmniejsza się też przy tym elastyczność płuc, co utrudnia oddychanie.

Osoby z rozedmą często cierpią na napady kaszlu i nadmierne skrócenie oddechu. Postęp choroby oznacza niszczenie kolejnych pęcherzyków i coraz mniejszą zdolność do przechwytywania tlenu z powietrza. Sprawia to, że organizm chorego posiada go do dyspozycji coraz mniej, co często staje się przyczyną męczliwości, drażliwości oraz depresji.

Rak płuc

Ta najbardziej znana choroba układu oddechowego jest silnie rozpowszechniona, gdyż bardzo wiele osób na świecie pali tytoń. Kiedyś wydawało się, że rak płuc dotyka wyłącznie mężczyzn, ale dziś diagnozuje się go u pacjentów obu płci. Wiąże się to z faktem, że obecnie kobiety palą więcej niż kilkadziesiąt lat temu.

Rak płuc postępuje w ustalony sposób, przypominający rozwój przewlekłego zapalenia płuc. (Jeżeli nie pamiętasz wszystkich określeń użytych poniżej, wróć do sekcji „Anatomia układu oddechowego” znajdującej się wcześniej w tym rozdziale).

1. Komórki nabłonka w układzie oddechowym, wyściełające pęcherzyki płucne, twardnieją w wyniku ciągłego oddziaływania substancji drażniącej, takiej jak dym papierosowy.
2. Rzęski sztywnieją i nie są w stanie przechwytywać zanieczyszczeń. Częsteczki pyłu i kurzu osiadają na płucach.
3. W błonie pojawiają się anormalne komórki, które łączą się w guz (twór powstały z patologicznie rozrastających się komórek).

4. Część anormalnym komórek odrywa się i osadza w innej części płuca, tworząc kolejne guzy. Zjawisko to nosi nazwę *przerzutu*.
5. W miarę rozrostu guzów drogi oddechowe ulegają zablokowaniu. Ostatecznie prowadzi to do odcięcia dopływu tlenu i zapadnięcia się płuca.
6. Po zapadnięciu się płuca wypełniający je pył i śluz zostaje uwięziony w tkance płucnej, co zwykle powoduje infekcję lub ropień.
7. Na tym etapie na ogół konieczna staje się operacja usunięcia całego narządu lub jego części.

Leczenie raka płuc jest zależne od tego, kiedy wykryto nowotwór. Jeżeli został on zdiagnozowany wcześniej, infekcję można wyleczyć antybiotykami, a wyeliminowanie kontaktu z substancjami drażniącymi (np. rzucenie palenia) pozwala na powrót do normalnego stanu zdrowia. Chemioterapia także może ograniczyć lub zatrzymać rozwój guzów. W późnym stadium raka często wymagane jest jednak operacyjne usunięcie zainfekowanej tkanki.

Rozdział 11

Rozkładanie na czynniki pierwsze: układ trawienny

.....

W tym rozdziale:

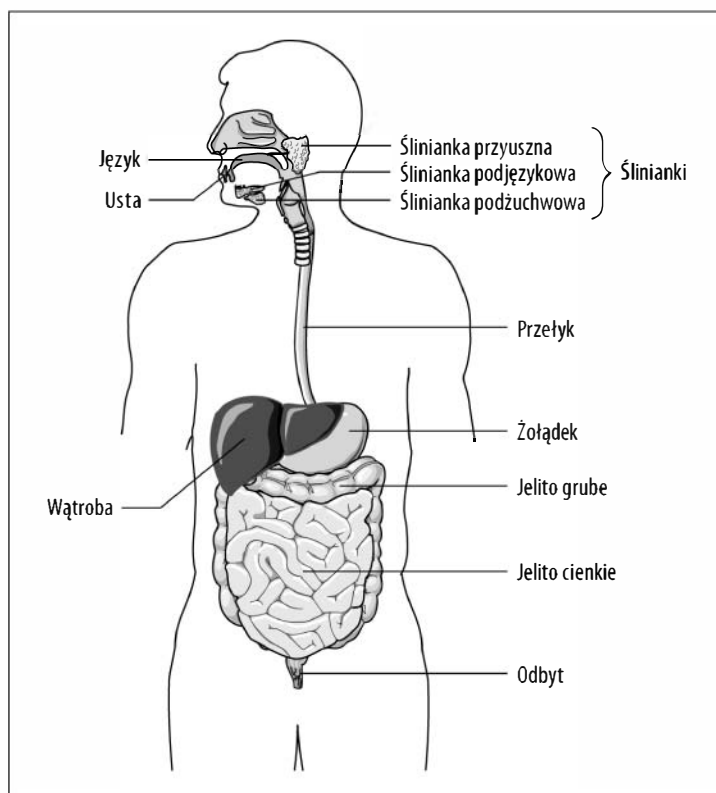
- ▶ W jaki sposób pokarm przemieszcza się w przewodzie pokarmowym.
 - ▶ Jak składniki odżywcze dostają się do krwi.
 - ▶ Usuwanie z organizmu produktów przemiany materii.
 - ▶ Działanie woreczka żółciowego, wątroby i trzustki.
 - ▶ Problemy z trawieniem.
-

Podobnie jak układ oddechowy, układ trawienny jest ściśle połączony z układem krążenia. Nie może być inaczej. Każda komórka Twojego ciała potrzebuje bowiem do życia składników odżywczych, które pochodzą z pożywienia. Dlatego też układ trawienny musi rozłożyć pokarm na proste związki, a następnie przetransportować je do krwiobiegu i dostarczyć do potrzebujących ich komórek. W niniejszym rozdziale wyjaśnię, jak przebiega cały ten proces, a także opiszę budowę układu trawiennego (patrz rysunek 11.1.) i mechanizm wydalania produktów przemiany materii. Przedstawię też składniki odżywcze, jakich potrzebuje Twój organizm, aby umożliwić Ci lepsze komponowanie własnej diety. W końcowej części rozdziału znajdziesz natomiast opis zaburzeń układu trawiennego i sposobów ich leczenia.

Droga pożywienia

Układ trawienny, jak sama nazwa wskazuje, odpowiada za trawienie (rozkładanie) pożywienia. Jednak posiada on też inne funkcje. Pozwala na przyswajanie składników odżywczych uzyskanych z rozłożonych substancji, a także na eliminowanie cząstek, których organizm nie jest w stanie strawić.

Zdolność do rozkładania pokarmów na cząstki, które komórki są w stanie przyswoić, jest dla układu trawiennego najważniejsza. Jako że każda komórka potrzebuje tych substancji, działanie wszystkich narządów zależy od sprawnego funkcjonowania tego układu, dostarczającego im niezbędne „paliwo”.



Rysunek 11.1.
Narządy układu
trawiennego

Źródło: LifeART®, Super Anatomy 1, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Z pełnymi ustami

Proces rozkładania pokarmu rozpoczyna się w ustach (w jamie ustnej). Poza dostarczaniem przyjemnych wrażeń związanych z aktem jedzenia, bierze ona też udział w samym trawieniu.

Kwestia zębów i dziąseł

Zęby służą do rozdrabniania pokarmu na części możliwe do strawienia. Ludzie posiadają w szczękach po 32 zęby podzielone na następujące rodzaje:

- ✓ **kły** zdolne do rozrywania pokarmów takich jak np. mięso,
- ✓ **siekacze** służące do gryzienia,
- ✓ **przedtrzonowe i trzonowe**, których płaski kształt umożliwia rozdrobnienie jedzenia.

Zęby utrzymują się w stałej pozycji przy pomocy elastycznych dziąseł, a także osadzone są w szczęcie dzięki substancji zwanej *cementem* (nie mylić z cementem budowlanym!). Naczynia krwionośne biegnące w szczęcie i uchodzące do miazgi zębowej zaopatrują ząb w krew. Miazga osłonięta jest przypominającą kość substancją noszącą nazwę *zębiny*, na której znajduje się ochronna warstwa niezwykle twardego *szkliwa*.

Zatopić w czymś zęby

Jeżeli po posiłku nie szczotkujesz zębów i nie czyścisz ich nicią dentystyczną, mogą pojawiać się w nich ubytki. Stale obecne w jamie ustnej bakterie rozkładają pozostawiane w niej drobiny pokarmu, w wyniku czego wytwarzane są kwasy zdolne naruszyć szkliwo, tworząc ubytek. Jeśli będzie on odpowiednio duży, bakterie mogą dostać się do miazgi zęba, co na ogół skutkuje nie tylko silnym bólem, ale także pojawieniem się *ropnia*.

Trzymać język za zębami

Twój język zbudowany jest z tkanki mięśniowej podobnej do tej, z której zbudowane są mięśnie rąk i nóg. Jest jednak pokryty śluzówką, a także zawiera kubki smakowe, które wykrywają zawarte w pożywieniu związki chemiczne i przesyłają do mózgu stosowne sygnały za pośrednictwem włókien nerwowych (patrz rozdział 7.). Mówiąc o chemii, nie mam jednak na myśli glutaminianu sodu czy błękitnego E133. Takie związki to dodatki i sztuczne barwniki. Ja piszę tu o związkach chemicznych, z których składają się nawet najbardziej naturalne produkty spożywcze.

Jabłka zawierają naturalny cukier (fruktozę) i inne węglowodany (skrobię). Kubki smakowe wyspecjalizowane w odbieraniu informacji o słodczy wykrywają takie związki i wysyłają informację do mózgu, który dowiaduje się w ten sposób, co jesz, i wytwarza wrażenie smaku. Surowe brokuły zawierają związki nadające im smak gorzki, więc kubki smakowe wysyłają w ich przypadku do mózgu informację o goryczy, dzięki której ten podejmuje decyzję, że dobrze byłoby dodać do nich jakiś sos łagodzący ich naturalny smak.



Mięśnie łączą język z kośćmi czaszki, zaś znajdująca się na jego dolnej części śluzówka łączy go z dolną ścianą jamy ustnej. Część błony, której napięcie wyczuwa się podczas dotykania językiem podniebienia, nosi nazwę *wędzidełka języka*.

Ślina

We wnętrzu jamy ustnej funkcjonuje kilka *ślinianek* wydzielających różnych substancje, czasami jeszcze przed rozpoczęciem jedzenia. Bywa, że „leci nam ślinka” na sam zapach pokarmu. Można wyróżnić trzy rodzaje ślinianek:

- ✓ **Ślinianki podjęzykowe:** znajdują się pod językiem.
- ✓ **Ślinianki podżuchwowe:** znajdują się poniżej żuchwy, ale wewnątrz jamy ustnej (czyli również pod językiem).
- ✓ **Ślinianki przyuszne:** znajdują się po wewnętrznej stronie policzków, tuż poniżej ucha. Ich wirusowe zapalenie połączone z charakterystycznym ich obrzękiem nosi potoczną nazwę *świnki*.

Ślina zawiera śluz (aby zwilżać pokarm i ułatwiać jego przełykanie) oraz enzym zwany *amylazą ślinową*, który zaczyna rozkład węglowodanów (skrobi). Enzymy to białka przyspieszające reakcje chemiczne (więcej informacji na ich temat znajdziesz w sekcjach „Przewracanie w żołądku” i „Rozkład chemiczny”).

Tchawica i przełyk, czyli jak się zakrztusić

Gardło wyznacza początek *przełyku*, czyli elastycznego przewodu, przez który wszystko, co zjemy, przechodzi do naszego żołądka. Rozdrobniona za pomocą zębów i zmieszana ze śliną porcja pożywienia tworzy kulistą masę, która podczas przełykania odbija się od chrząstki *na głosni*, omija tchawicę i wpada do przełyku. Mówiąc o jedzeniu, często wspomina się o przedostawianiu się pokarmu do żołądka, pomijając ważny etap, jakim jest jego przejście przez przełyk, a także sam fakt dotarcia do niego z jamy ustnej. Niżej znajdziesz opis całego procesu.

Kiedy coś połykamy, mówimy zwykle, że jedzenie trafia do żołądka. Jest to poniekąd słuszne, ale mówiąc tak, pomijamy bardzo ważny fragment przewodu pokarmowego. Wszystko, co jemy, trafia bowiem przede wszystkim do naszego przełyku i dopiero stamtąd przedostaje się do żołądka porcjami.



Na początku i na końcu przełyku rozmieszczone są zwieracze. Mięsień znajdujący się w górnej części, w pobliżu gardła, nosi nazwę *górnego zwieracza przełyku*. Po przejściu przez górną część przełyku pokarm jest przesuwany w dół na skutek *ruchów perystaltycznych mięśni*. Wyściółka przewodu pokarmowego zawiera bowiem tkankę mięśniową, której skurcze przemieszczają porcję pokarmu, podobnie jak człowiek wyciska palcami pastę z tubki. Kiedy, w wyniku działania perystaltyki, porcja dotrze do końca przełyku, znajdujący się tam *dolny zwieracz przełyku* ulega rozwarciu, otwierając przed pożywieniem drogę do żołądka.

Przewracanie w żołądku

Kiedy jemy, kolejne porcje pożywienia wpadają do naszych żołądków, choć tego nie wyczuwamy. Sam żołądek jest pustym w środku narządem, złożonym z następujących błon:

- ✓ **błony surowiczej** pokrywającej większą jego część,
- ✓ **błony mięśniowej** nadającej żołądkowi kształt i pomagającej poruszać jego zawartością,
- ✓ **błony podśluzowej** łączącej błonę mięśniową i śluzową,
- ✓ **błony śluzowej** chroniącej żołądek od wewnątrz.

Błona mięśniowa, zwana też *mięśniówką*, składa się z trzech warstw mięśni, z których każda posiada włókna ułożone w inną stronę, co umożliwia różne kierunki skurczów, w zależności od tego, w które miejsce należy przerzucić treść żołądkową.



Uczucie sytości wynika z działania znajdujących się w ściankach żołądka *receptorów* aktywujących „hormon sytości” — *leptynę*, które po zarejestrowaniu pewnego napięcia wysyłają do mózgu sygnał interpretowany jako wrażenie pełnego żołądka (więcej o przesyłaniu sygnałów do mózgu znajdziesz w rozdziale 7.).

Wyściółka żołądka zawiera *faldy* zwiększające jego powierzchnię. W miarę jego wypełniania się ulegają one wygładzeniu, pozwalając na rozciąganie się ścianek, podobnie jak przy rozkładaniu zwiniętego w kulę prześcieradła na całą powierzchnię łóżka.

Błona śluzowa pokrywa żołądek, podobnie jak czyni to w przypadku jamy ustnej i przełyku. Prawdę mówiąc, cały układ trawienny wysłany jest śluzówką. Jedną z funkcji tej tkanki jest ochrona wewnętrznych narządów trawiennych przed działaniem silnych kwasów wydzielanych w układzie, przede wszystkim kwasu solnego (żołądkowego).



Kwasy żołądkowe są wydzielane z milionów drobnych gruczołów żołądka, które stanowią część wyściółki śluzowej układu trawiennego. Składają się głównie z *kwasu solnego* (HCl) i pepsynogenu (prekursora enzymu *pepsyny*), który zaczyna rozkładać białka na *peptydy*. HCl jest jedną z najkwaśniejszych substancji, a jego stężenie pozwala skutecznie eliminować znajdujące się w pożywieniu bakterie. Dodatkowo zmienia on pepsynogen w pepsynę, która skutecznie rozkłada tkankę łączną w mięsie. To właśnie dzięki niej możliwe jest strawienie np. schabowego.

Kwas solny obecny z sokach trawiennych stymuluje także komórki wyściełające żołądek do wydzielania *gastryny* (hormonu). Jest ona następnie wchłaniana przez wyściółkę żołądka do naczyń włosowatych, przez które dostaje się do krwiobiegu. Gastryna reguluje wydzielanie HCL, śluzu i pepsynogenu, składających się na kwas żołądkowy. Jak długo zatem będzie się ona znajdowała w układzie krwionośnym, tak długo organizm będzie wydelał kwasy służące do rozkładania pożywienia. Innymi słowy, dopóki jesz, dopóty w żołądku są wytwarzane kwasy. Dzięki temu masz pewność, że będzie on w stanie właściwie strawić poszczególne rodzaje produktów (więcej na temat gastryny, kwasów żołądkowych i żołądka dowiesz się w rozdziale 8.).

Skurcze żołądka, mające na celu poprawę trawienia, stanowią jego część fizyczną, podobnie jak żucie, przełykanie i perystaltyka. Właściwe trawienie jest jednak działaniem chemicznym, zachodzącym w żołądku i polegającym na rozkładaniu pożywienia na proste związki (patrz „Rozkład chemiczny” niżej).



Po skurczach żołądka i zmieszaniu się trawionego jedzenia z *sokami żołądkowymi* rozkłada się ono na jeszcze prostsze składniki, zmieniając się przy tym w miazgę noszącą nazwę *treści żołądkowej*. Proces ten może trwać od dwóch do sześciu godzin. Następnie otwarty zostaje zwieracz zwany *odźwiernikiem* zamykający dolne ujście, dzięki czemu treść może zostać przetransportowana do górnej części jelita cienkiego noszącej nazwę dwunastnicy.



Aby lepiej zrozumieć sposób, w jaki treść żołądkowa przedostaje się do jelita cienkiego, możesz wyobrazić sobie żołądek jako strzykawkę z kremem lub bitą śmietaną do ozdabiania ciast (lub raczej jako używany do tego celu plastikowy woreczek). Odźwiernik będzie w takim układzie ozdobną końcówką strzykawki, zaś treść żołądkowa będzie przypominała miarowo wyciekający krem. Apetyczna wizja, prawda?

Jak mocne są jelita

Dwunastnica mierzy 12 cali (30 centymetrów), od czego zresztą pochodzi jej nazwa, i jest pierwszą częścią jelita cienkiego. Kolejnym jego elementem jest *jelito czcze* liczące około metra długości, które z kolei przechodzi w *jelito kręte* mające nieco ponad dwa metry. Łączna długość jelita cienkiego wynosi zatem około 3,5 metra — jest ono znacznie dłuższe, ale, jak sama nazwa wskazuje, węższe, niż jelito grube.

Oba jelita składają się z dwóch warstw mięśni gładkich o okrężnym i podłużnym przebiegu, pokrytych dodatkowo błoną śluzową.

Główny ośrodek trawienia



W jelicie cienkim zachodzi większość procesów trawiennych. Kiedy treść żołądkowa trafia do dwunastnicy, ułożone w ścianie jelita *gruczoły Brunnera* wydzielają śluz i dwuwęglany, mające za zadanie zneutralizować silne kwasy żołądkowe, które wciąż się w niej znajdują.

Komórki w ścianach jelita cienkiego wydzielają hormony: *sekretynę* i *cholecystokininę*, co czyni z niego gruczoł i narząd trawienny w jednym. Wspomniane dwa hormony przenikają do krwi i są przenoszone do ich narządów docelowych, czyli woreczka żółciowego i trzustki. Stymulują je do wydzielania, odpowiednio, żółci oraz soku trzustkowego (patrz „Rozkład chemiczny” niżej).

Jelito cienkie uzyskuje pomoc ze strony innych narządów układu trawiennego.



Poza śluzem, komórki ścian dwunastnicy wydzielają także enzymy trawienne. Ułożone są one w miejscach noszących niezwykle nazwę *krypt Lieberkuhna*. Choć te kojarzą się z komputerowymi grami fantasy, w rzeczywistości są mikroskopijnymi jamkami w ścianach jelita cienkiego. Wydzielają enzymy przechodzące do dwunastnicy przez kanaliki biegnące z trzustki i wątroby.

W chwili gdy treść żołądkowa opuszcza dwunastnicę, jest na ogół prawie całkowicie przetrawiona. Węglowodany, białka i tłuszcze zostały wcześniej rozłożone na cząsteczki, które są w stanie przejść do układu krwionośnego, takie jak glukoza, aminokwasy, kwasy tłuszczowe czy glicerol. Po kompletnym rozłożeniu pokarmu na cząsteczki pojawiają się ruchy perystaltyczne (ruchy mięśni przemieszczające trawiony pokarm przez układ trawienny) i przesuują treść żołądkową do jelita czczego i krętego.

Obie te części jelita cienkiego pokryte są od wewnątrz śluzem oraz milionami kosmków i mikrokosmków. *Kosmki* to małe wypustki błony śluzowej sięgające do wnętrza jelita cienkiego. Naczynia włosowate łączące się z kosmkami są zdolne bezpośrednio przechwytywać substancje odżywcze, a następnie kierować je do krwioobiegu, skąd będą docierały do wszystkich części ciała (w rozdziale 9. znajdziesz więcej informacji na temat funkcjonowania układu krążenia).

Mikrokosmki to jeszcze mniejsze wypustki wyrastające z kosmków. Dochodzi w nich do absorpcji składników odżywczych takich jak glukoza, aminokwasy czy elektrolity. Są one przenoszone przez mikrokosmki do komórek kosmków jelitowych. Słowo „przenoszone” oznacza, że proces ten przebiega na zasadzie aktywnego transportu, a co za tym idzie, wymaga także wydatku energii w postaci ATP. Mechanizm ten powtarza się po raz drugi, kiedy składniki odżywcze przechodzą z kosmków do naczyń włosowatych (więcej na temat transportu dowiesz się w rozdziale 3.).



Dwa produkty przemiany tłuszczów, czyli kwasy tłuszczowe i glicerol, są traktowane nieco inaczej. Kwasy tłuszczowe o krótkich łańcuchach są przenoszone z kosmków bezpośrednio do naczyń włosowatych, ale złożone kwasy o łańcuchach długich muszą być transportowane za pośrednictwem układu limfatycznego. Komórki ciała przekształcają je w tzw. *trójglicerydy*, które są następnie wchłaniane przez włosowate naczynia limfatyczne.

Podczas drogi pokarmu przez całe jelito cienkie zawarte w nim substancje odżywcze zostają wchłonięte do układu krwionośnego, a pozostałość tak przetrawionej treści żołądkowej nadaje się już tylko do usunięcia z organizmu. Dlatego też przechodzi ona do jelita grubego, którego zadaniem jest pozbycie się substancji niepotrzebnych.

To główniana praca, ale jelita muszą ją wykonywać

Wróćmy jeszcze na chwilę do jelita cienkiego. Kiedy cały pokarm zostanie już strawiony, treść żołądkowa przemieszcza się do jelita grubego, które nie jest oddzielone od cienkiego żadnym zwieraczem. Treść po prostu przechodzi przez *zastawkę krętniczo-kątniczą (Bauhina)* do pierwszej części jelita grubego zwanej *jelitem ślepym*.

Jelito grube ma około dwóch metrów długości i otacza zwinięte jelito cienkie. Za jelitem ślepym biegnie ono w górę (odcinek ten określa się mianem *okrężnicy wstępującej*), następnie w poprzek jamy brzusznej (*okrężnica poprzeczna*), by z kolei zejść w dół (*okrężnica zstępująca*). Nazwy te nie są specjalnie odkrywczyste, ale dzięki temu łatwo jest je zapamiętać. *Odbytnica* zatrzymuje kał, zanim opuści on organizm podczas *defekacji*, wychodząc na zewnątrz przez *odbyt*.

Najważniejszym procesem zachodzącym w jelicie grubym jest absorpcja wody z treści żołądkowej. Woda przenika na drodze dyfuzji do naczyń włosowatych znajdujących się w wyściółce jelita i stamtąd dociera do krwiobiegu. Odwodnienie treści żołądkowej sprawia, że kał nabiera zwartej, gęstej konsystencji. Poza niestrawionym pokarmem znajdują się w nim też martwe komórki. Brązowa barwa jest wynikiem obecności zielonożółtych pigmentów żółciowych, rozłożonej hemoglobiny oraz drobnoustrojów. Najpowszechniej występującą w jelicie grubym bakterią jest *Escherichia coli* (*E. coli*).

Bakteria *E. coli* żywi się zawartością kału, wytwarzając przy tym substancje odpowiedzialne za nieprzyjemny, acz dobrze znany każdemu, zapach. Rolą tej i innych bakterii żyjących w jelicie grubym jest kończenie procesu trawienia niektórych związków, które nie mogły zostać przetworzone wcześniej. Najwyraźniej nie lubią one jednak kukurydzy ani orzeszków ziemnych.

Część z tych bakterii wytwarza niezbędne dla organizmu witaminy. Przykładowo *witamina K* wymagana w procesie krzepnięcia krwi produkowana jest przez nie w jelicie grubym, a następnie przez jego wyściółkę przenika do krwiobiegu.

Kiedy okrężnica zakończy swoje działanie, ruchy perystaltyczne przesuują kał w stronę odbytnicy. Kiedy zbierze się go ok. 150 – 200 g, odbytnica ulega rozciągnięciu, zaś znajdujące się wokół niej receptory wysyłają tę informację do mózgu, który odbiera to jako sygnał do rozpoczęcia defekacji. Przez większość czasu odbytnica zamknięta jest zwieraczem odbytu, który może być świadomie rozluźniany, umożliwiając wydalanie kału.

Rozkład chemiczny

Kiedy mówi się, że układ trawienny trawi pożywienie, można pomyśleć, że dzieje się tak przede wszystkim za sprawą jego narządów. Owszem, ich działanie jest niezbędne dla właściwego trawienia, ale tak naprawdę najważniejszą rolę w tym procesie odgrywają gruczoły wydzielające hormony i enzymy, które zajmują się rozkładaniem pokarmu.

Trzustkę, wątrobę i woreczek żółciowy często określa się mianem *pomocniczych narządów trawiennych*, ponieważ, chociaż nie oddziałują bezpośrednio na pokarm ani na treść żołądkową, pełnią ważną rolę w procesie chemicznego trawienia.

Organ dla żartoków — trzustka

Trzustka znajduje się za żołądkiem i tuż obok dwunastnicy (części jelita cienkiego). Narząd ten wydziela insulinę pozwalającą na kontrolowanie poziomu cukru we krwi (jest to jego wydzielnicza funkcja, która została szerzej opisana w rozdziale 8.). Poza insuliną, trzustka wydziela też wiele innych substancji odgrywających ważną rolę w procesie trawienia. *Sok trzustkowy* zawiera enzymy rozkładające węglowodany, tłuszcze i białka. Ponadto zawiera on dwuwęglan sodu (ten sam związek, który znajduje się w sodzie kuchennej) umożliwiający zredukowanie kwasowości treści żołądkowej (patrz sekcja „Przewracanie w żołądku” wcześniej).

Obniżanie kwasowości jest niezbędne, gdyż enzymy mogą działać tylko wtedy, gdy mieszanina treści żołądkowej i soków trawiennych ma odczyn obojętny. Jeżeli będzie ona zbyt kwaśna, enzymy przestaną pełnić swoją funkcję, uniemożliwiając ukończenie trawienia i prowadząc do kłopotów żołądkowych. Prawie każda komórka trzustki wydziela sok trzustkowy i przekazuje go bezpośrednio do dwunastnicy.

W soku trzustkowym znajdują się m.in.: tripsyna, peptydaza, nukleaza, lipaza, amylaza trzustkowa, inwertaza i maltaza. Tabela 11.1 przedstawia funkcje poszczególnych enzymów trzustkowych.



Tabela 11.1. Funkcje enzymów trzustkowych

Enzym	Przetwarzany składnik	Wynik oddziaływania
Trypsyna	Białka	Peptydy (łańcuchy aminokwasów)
Peptydaza	Peptydy	Poszczególne aminokwasy
Lipaza	Tłuszcze	Kwasy tłuszczowe i glicerol
Nukleaza	Kwasy nukleinowe (DNA, RNA)	Nukleotydy
Amylaza	Węglowodany	Glukoza i fruktoza
Inwertaza	Sacharoza	Glukoza i fruktoza
Maltaza	Maltoza	Dwie cząsteczki glukozy
Laktaza	Laktoza	Glukoza i galaktoza

Filtr organizmu — wątroba



Wątroba, największy gruczoł naszego ciała, filtruje krew przez około 100 tys. drobnych płacików składających się na dwa płaty. Każdy płacik zawiera wiele kanałów żółciowych i posiada bezpośredni dostęp do żyły wrotnej wątroby oraz tętnicy wątrobowej.

Filtrowanie krwi możliwe jest dzięki samej strukturze tego narządu oraz jego umiejscowieniu w ciele. Wątroba leży tuż pod przeponą i nad żołądkiem, po prawej stronie jamy brzusznej. Innymi słowy, znajduje się w środku całego organizmu, co jest optymalnym położeniem dla organu filtrującego krew.

Zadaniem wątroby jest zatrzymywanie toksyn (takich jak alkohol czy narkotyki) obecnych we krwi przepływającej do niej przez żyłę wrotną oraz pomoc w utrzymywaniu właściwego poziomu poszczególnych jej składników. Poza tym wątroba wytwarza żółć, transportowaną przez kanały żółciowe do woreczka żółciowego (więcej informacji na ten temat znajdziesz w sekcji „Dlaczego żółć nie jest żółta” niżej).

Wątroba produkuje też inne substancje oraz pełni — poza filtrowaniem krwi, produkowaniem żółci i rozkładaniem czerwonych krwinek — także inne funkcje.

- ✓ Kiedy zjesz obfity posiłek, wątroba gromadzi nadmiarową glukozę (w postaci *glikogenu*), a następnie rozkłada ją pomiędzy posiłkami w celu utrzymania stałego jej poziomu.
- ✓ Wątroba produkuje *mocznik* po rozkładzie aminokwasów w czasie trawienia i usuwania martwych komórek.

- ✓ Kiedy wątroba usuwa martwe czerwone krwinki z krwiobiegu, hemoglobina przekształcona zostaje na pigment żółci, organ natomiast utylizuje żelazo zawarte w cząsteczce hemu.
- ✓ W wątrobie wytwarzane są *białka osocza*, takie jak np. fibrynogen, które przemieszczają się w krwiobiegu, pomagając naprawiać uszkodzone tkanki i naczynia krwionośne.

Krótką wycieczka przez woreczek żółciowy

Twój woreczek żółciowy jest zielonkawym organem leżącym w zagłębieniu wątroby, w którym zbiera się nadmiar żółci. Następnie przepływa ona przez znajdujący się w „szyjce” woreczka *przewód pęcherzykowy*, trafiając do *przewodu żółciowego wspólnego*, którym dociera do dwunastnicy w pobliżu miejsca, gdzie łączy się ona z kanałem trzustki. W jelicie cienkim żółć miesza się z treścią żołądkową.

Dlaczego żółć nie jest żółta



Żółć służy do emulgowania tłuszczów. W procesie tym zawarta w soku trzustkowym *lipaza* rozbija duże ich cząsteczki na drobne molekuly nazywane *micelami*. Jeżeli kiedykolwiek próbowałeś łączyć tłuszcz z wodą, to powinieneś wiedzieć, że proces emulgacji ułatwia powstanie takiej mieszaniny. W przypadku organizmu chodzi o sprowadzenie tłuszczów do postaci płynnej, aby ułatwić ich zmieszanie się z krwią i transport drogami układu krwionośnego bez ryzyka ich ponownego przekształcenia się w ciała stałe. Dokładnie tak samo działają emulgatory dodawane do produktów spożywczych i mające zapobiec ztwardnieniu tłuszczów.



Kiedy tłuszcze obecne w spożytym pokarmie ulegną rozpadowi, przenoszą się w postaci micel do mikrokosmków wyściółki jelita cienkiego, skąd przenikają do naczyń włosowatych (patrz „Główny ośrodek trawienia” wyżej). Dodatkowym zadaniem żółci jest ułatwianie przyswajania rozpuszczalnych w tłuszczach witamin K, D i A.

Zaburzenia i choroby układu trawiennego

Jak każdy układ naszego ciała, także układ trawienny może zacząć szwankować. Jeśli zdarzyło Ci się paść ofiarą bakterii lub wirusów wywołujących takie zaburzenia, to najprawdopodobniej dobrze znasz dwa najpopularniejsze ich objawy, czyli wymioty i biegunkę. Są to zdarzenia nieprzyjemne, ale i tak bardzo łagodne w porównaniu z tym, co może się stać, gdy układ trawienny zacznie funkcjonować naprawdę źle. W niniejszej części znajdziesz nieco informacji na temat jego najpopularniejszych chorób i zaburzeń w jego działaniu.

Slepa furia: zapalenie wyrostka robaczkowego

Wyrostek robaczkowy, zwany potocznie *ślepą kiszka*, jest długim, cienkim tworem odchodzącym od dolnej części jelita ślepego, czyli początkowego odcinka jelita grubego. Co ciekawe, nie pełni on w naszym organizmie żadnej funkcji i jest jedynie ewolucyjną pozostałością po dawnej formie układu pokarmowego.

Kiedy treść żołądkowa przechodzi z jelita cienkiego do grubego, jej część może znaleźć się w wyrostku robaczkowym. Ruchy perystaltyczne zwykle go opróżniają, ale jeśli się tak nie stanie, mogą pojawić się problemy. W zależności od tego, z czego się składa i jak długo zalega w wyrostku treść żołądkowa, ulega on zapaleniu bądź zakażeniu.

Zapalenie wyrostka robaczkowego może pojawić się nagle (ostry atak) i wymaga pomocy lekarza. Początkowo ból promieniuje z prawej górnej części jamy brzusznej, ale w miarę nasilania się objawów może przejść na prawą dolną część. Osoba cierpiąca na zapalenie może odczuwać mdłości, a podejmowane przez układ odpornościowy próby zwalczenia infekcji mogą wywołać stan gorączkowy.

Wywołany infekcją obrzęk wyrostka prowadzi czasem do zamknięcia jego światła. W takiej sytuacji wytwarzany przez wyrostek śluz nie jest w stanie go opuścić, przez co ślepa kiszka pęcznieje, zaś otaczające ją mięśnie ściskają ją coraz bardziej, starając się usunąć jej zawartość do jelita grubego, co wywołuje silny ból. Im dłużej wyrostek robaczkowy pozostaje zablokowany, tym więcej namnaża się w nim drobnoustrojów, pogarszając jego stan. W skrajnym przypadku może dojść do jego pęknięcia i wylania się zawartości do jamy brzusznej. Taka sytuacja jest potencjalnie groźna dla życia i wymaga natychmiastowej interwencji chirurgicznej.

Brak wody: zaparcie

Zaparcie jest wynikiem zbyt silnego wchłaniania wody w jelicie grubym, co sprawia, że kał jest wysuszony i twardy, a jego usuwanie bywa dość bolesne. Najczęstszą przyczyną zatwardzenia jest ignorowanie sygnałów organizmu i powstrzymywanie się od oddania kału. Im dłużej bowiem pozostaje on w jelicie grubym, tym więcej wody traci.

Inną przyczyną może być zbyt mała ilość błonnika w diecie. Błonnik utrzymuje mięśnie w dobrej formie, pozwalając na skuteczną perystaltykę. Kiedy mięśnie są słabe i pracują mniej efektywnie, usuwanie kału staje się utrudnione i zalega on w okrężnicy. Taka sytuacja nie tylko sprzyja zaparciom, ale także zwiększa ryzyko wystąpienia raka jelita grubego.

Jeżeli masa kałowa nie jest usuwana całkowicie lub zalega zbyt długo, komórki wyściełające jelita mogą ulec uszkodzeniu lub infekcji, tracąc swoją skuteczność. Zwiększenie zawartości błonnika w diecie pomaga w zachowaniu prawidłowej perystaltyki i usuwaniu kału.



Leczenie zaparć polega na zwiększaniu ilości błonnika w spożywanym pokarmie (znajduje się on między innymi w ziarnach zbóż, warzywach i owocach oraz spożywczych środkach przeczyszczających — nie mylić z chemicznymi!). Warto też pamiętać o piciu odpowiednich ilości wody, co pomaga nie tylko przy zaparciach, ale i przy biegunkach.

Choroba Leśniowskiego-Crohna

Choroba Leśniowskiego-Crohna to choroba jelita grubego polegająca na zapaleniu obejmującym jego wyściółkę. Dotyczy ona śluzówki, warstwy mięśniowej i błony surowiczej (tkanki okrywającej), a nawet węzłów chłonnych i błon zapewniających dopływ krwi do jelit. Obrzęk wyściółki jelita przyczynia się z kolei do powstawania wrzodów, pęknięć i ropni.

Choroba Leśniowskiego-Crohna może objąć swoim zasięgiem nie tylko samo jelito grube, ale także cienkie, zwłaszcza jego część końcową, czyli jelito kręte. We wczesnym jej stadium pojawia się biegunka i ogólne pogorszenie stanu chorego, któremu zwykle towarzyszy gorączka i ból umiejscowiony w prawej dolnej części jamy brzusznej.

W miarę rozwoju choroby na powierzchni tkanki pokrywającej wnętrze jelit kształtują się grudki limfatyczne noszące nazwę *kępek Peyera*. Ich formowaniu towarzyszy pojawienie się włókien usztywniających i zwężających światło jelit. Tak zmieniona ściana jelita nie jest w stanie właściwie wchłaniać wody z kału, co staje się przyczyną częstych biegunek. Zakażone fragmenty jelita zaczynają przywierać do części niezakażonych, co z kolei powoduje skracanie

się tego narządu. Mogą także pojawić się *przetoki* (patologiczne otwarcia tkanki łączące skórę z narządami lub dwa różne narządy). U osób cierpiących na chorobę Leśniowskiego-Crohna tworzą się one najczęściej pomiędzy zakażonym jelitem a odbytem lub pomiędzy odbytem a pochwą czy pęcherzem.

Chorzy często wykazują oznaki niedożywienia, gdyż w miarę nasilania się schorzenia pogłębia się też upośledzenie procesu trawienia i wchłaniania składników odżywczych. Do najczęstszych problemów należy niedobór witaminy B12, gdyż częste i ostre biegunki zbyt szybko usuwają wszystko, co znajdzie się w układzie pokarmowym. Brak tej witaminy może być przyczyną choroby zwanej niedokrwistością Addisona-Biermera.

Leczenie polega na wprowadzeniu zmian w diecie, zwiększeniu ilości odpoczynku i ograniczeniu stresu, a także na podawaniu witamin i leków przeciwzapalnych i przeciwbólowych. Czasami konieczna jest interwencja chirurgiczna polegająca na usunięciu jelita grubego i krętego.

Dokąd biegnie biegunka

Kiedy woda zawarta w kale nie jest odpowiednio wchłaniana przez jelito grube i kierowana do krwioobiegu, rozwodniona treść może wywoływać biegunkę. Podstawowym zagrożeniem wiążącym się z takim stanem jest stosunkowo szybka utrata wody z organizmu. Niektórzy ludzie sądzą, że podczas biegunki nie należy pić, gdyż jedynie nasili to nieprzyjemne objawy, tymczasem mechanizm biegunki jest zupełnie inny, dlatego należy wtedy dostarczać organizmowi jak najwięcej płynów.

Biegunka może także zostać wywołana przez bakterie, które na ogół nie występują w jelicie i nie biorą udziału w trawieniu, a dostają się tam z zanieczyszczonym pożywieniem (zatrucie pokarmowe). Gdy wyściółka jelit zostaje podrażniona lub pojawi się jej zapalenie, ruchy perystaltyczne ulegają przyspieszeniu, aby jak najszybciej usunąć z organizmu bakterie wraz z kałem. Przy tak szybkich ruchach robaczkowych jelit niemożliwe jest właściwe wchłonięcie wody i zostaje ona wydalona. Dlatego też, kiedy przydarzy Ci się takie zatrucie, pomóż naturze działać. Pij dużo wody i pozwól, aby organizm sam usuwał zainfekowany kał. W pierwszej fazie biegunki podawanie leków i picie roztworów przywracających równowagę elektrolityczną nie jest konieczne, jeśli jednak będzie ona trwała zbyt długo, skontaktuj się z lekarzem.

Inną przyczyną biegunki może być stres. Kiedy doświadczasz podenerwowania, napięcia, lęku czy innego nieprzyjemnego stanu psychicznego, Twój system nerwowy znajduje się w trybie ciągłego pobudzenia. Stres jest naturalnym skutkiem *reakcji walki lub ucieczki*. Gdy człowiek pierwotny widział szyszykującego się do skoku tygrysa szablozębnego, jego organizm wytwarzał adrenalinę pozwalającą mu szybko uciekać. Jednakże w dzisiejszych czasach tygrysów

szablozębnych już nie ma, więc odpręż się! Owszem, istnieje wiele sytuacji wciąż wywołujących w nas napięcie: konieczność bycia w dwóch miejscach naraz, korki na drodze, kolejki w sklepach, presja w pracy, kłopoty finansowe, osobiste lub rodzinne itd. W takich chwilach nasz układ nerwowy faktycznie wydziela zbyt wiele adrenaliny, przyspieszając m.in. ruchy perystaltyczne. Dlatego też silny stres może wywołać u nas biegunkę równie dobrze, jak obecność bakterii.

Szaryfowe prace: kamienie żółciowe

Jeżeli wątroba wytwarza zbyt wiele cholesterolu lub żółć ulega nadmiernej koncentracji, część cholesterolu krystalizuje się. Kryształki takie noszą nazwę *kamieni żółciowych* i gromadzą się w woreczku żółciowym, ograniczając ilość mogącej się w nim zmieścić żółci. Może też się zdarzyć, że zablokują one kanał żółciowy łączący woreczek z jelitem cienkim, wywołując tzw. *żółtaczkę zastoinową* polegającą na zbyt dużym nagromadzeniu się żółciowych pigmentów we krwi, co nadaje skórze charakterystyczną żółtawą barwę. W tym przypadku wynika ona z zablokowania *kanalu żółciowego* i cofnięcia się pigmentu do krwiobiegu. Kamienie mogą zostać usunięte za pomocą litotrypsji — laparoskopowego zabiegu nie pociągającego za sobą konieczności otwarcia jamy brzusznej, które zawsze wiąże się z podwyższonym ryzykiem zakażenia.

Skąd się bierze wirusowe zapalenie wątroby

Zapalenie wątroby jest zwykle chorobą o podłożu wirusowym. Istnieje pięć jego odmian wywołanych przez pięć różnych wirusów:

- ✓ **Zapalenie wątroby typu A.** Najczęściej jest wynikiem wypicia wody skażonej kałem. Dlatego też pracownicy restauracji (a także wszyscy inni ludzie) powinni myć ręce po wyjściu z toalety.
- ✓ **Zapalenie wątroby typu B.** Najczęściej rozprzestrzenia się poprzez kontakt seksualny. Często dotyka nosicieli wirusa HIV. Zastrzyki lub transfuzje wykonane przy wykorzystaniu skażonego sprzętu również mogą być przyczyną tej choroby. Przeciwno tej odmianie zapalenia istnieje szczepionka.
- ✓ **Zapalenie wątroby typu C.** Źródłem zakażenia tym wirusem może być skażona krew, ale, w odróżnieniu od typu B, nie istnieje żadna skuteczna szczepionka. Choroba ta w swojej zaawansowanej postaci może być bardzo niebezpieczna i stanowi typowe zagrożenie zawodowe lekarzy oraz ludzi współpracujących z nimi, np. policjantów,

sanitariuszy, strażaków czy techników medycznych. Jako że ludzie ci często stykają się z krwią innych, muszą oni bardzo uważać podczas kontaktu z pacjentami, zwłaszcza że nie mogą liczyć na ochronę w postaci szczepionki.

- ✓ **Zapalenie wątroby typu D.** Dotyka zwykle ludzi regularnie stykających się z krwią innych, czyli np. hemofilików, często przyjmujących transfuzje, czy narkomanów, zażywających środki podawane dożylnie.
- ✓ **Zapalenie wątroby typu E.** Wirusem tym zarazić się można głównie podczas podróży do miejsca jego endemicznego występowania (czyli takiego, w którym dany wirus jest szczególnie rozpowszechniony; np. terenem endemicznym dla malarii jest Afryka). W przypadku wirusowego zapalenia wątroby typu E obszar niebezpieczny obejmuje Indie, Azję, Afrykę i Amerykę Środkową.

Po zarażeniu, w ciągu niecałego tygodnia, u chorego pojawiają się objawy zbliżone do oznak grypy, takie jak zmęczenie, utrata wagi, depresja, ból głowy, bóle mięśni i stawów, mdłości i/lub wymioty, oraz ogólne pogorszenie samopoczucia. Mogą też wystąpić zaburzenia funkcjonowania układu nerwowego, np. zmiana wrażliwości zmysłu powonienia lub smaku bądź *światłowstręt* (bolesna reakcja na silne światło). W tym stadium (noszącym nazwę *prodromalnego* i trwającym około dwóch tygodni) chora osoba może z łatwością zarażać innych.

Po etapie prodromalnym choroba wkracza w *fazę kliniczną*, kiedy to do objawów dołączają bóle brzucha, nadwrażliwość i niestrawność. W tym czasie wątroba powiększa się na skutek postępującego zapalenia. Nie jest ona w stanie filtrować *bilirubiny* (patrz rozdział 12.) z krwi, przez co mocz nabiera ciemnej barwy, zaś kał gliniastego odcienia. Ponadto nadmiar tej substancji może powodować żółknięcie skóry i białek oczu (dlatego choroba ta bywa mylona z żółtaczką). Okres remisji wirusowego zapalenia wątroby może trwać od dwóch tygodni do kilku miesięcy. Organizm zwalcza danego wirusa, tak jak czyni to z innymi (patrz rozdział 13.) i chorym nie są podawane zazwyczaj żadne leki. Najważniejsza w tym przypadku jest właściwa dieta i odpoczynek.

Na szczęście wątroba jest organem posiadającym zdolność regeneracji i jest w stanie naprawiać i zastępować uszkodzone tkanki czy komórki. Zniszczenia wywołane przez zapalenie wątroby nie są zatem na ogół trwałe. Należy jednak pamiętać, że choroba ta może mieć poważne powikłania. Zaliczają się do nich np. przewlekłe zapalenie lub rak wątroby.



Zespół jelita nadwrażliwego

Zespół jelita nadwrażliwego polega na podrażnieniu jelita grubego i zmianie jego perystaltyki, chociaż same jego tkanki nie wykazują żadnych zmian typowych dla zapalenia. Zmiana ruchów robaczkowych może polegać na ich spowolnieniu lub przyspieszeniu. Leczenie koncentruje się głównie na ograniczaniu stresu i spożywaniu produktów bogatych w błonnik.

Zapalenie trzustki

Jak sama nazwa wskazuje, choroba ta polega na pojawieniu się stanu zapalnego w trzustce. Jeżeli nastąpi to nagle, mówimy o *ostrym zapaleniu trzustki*. Jeśli zapalenie utrzymuje się przez dłuższy czas, poważnie wpływając na funkcjonowanie tego narządu, określamy je mianem *przewlekłego zapalenia trzustki*. Zaburzeniu temu towarzyszy zwykle ból w okolicach pępka, który nie ustępuje po wymiotach. W większości przypadków stanowi on jedyny objaw zapalenia, choć przy nagłych i ostrych atakach trzustka może ulec uszkodzeniu fizycznemu połączonemu z krwotokiem wewnętrznym, co może wywołać kwasicę (nadmiar kwasu lub niedobór dwuwęglanu wapnia w krwi i tkankach), a także szok lub nawet śpiączkę.

Ostre zapalenie trzustki może powodować obrzęk i nagromadzenie się w niej płynu (*zapalenie obrzękowe*) lub obumarcie jej komórek i tkanek (*zapalenie martwicze*). Przyczyną obu rodzajów tego schorzenia jest przedwczesna aktywacja enzymów, choć przyczyny pośrednie, prowadzące do zaburzenia ich wydzielania, mogą obejmować wiele różnych zjawisk, od alkoholizmu po choroby dróg żółciowych.

Alkoholizm często prowadzi do zapalenia trzustki, ponieważ jego spożywanie zwiększa ilość soku trzustkowego, zmienia charakter komórek budujących trzustkę, a także przyspiesza blokowanie się kanałów w tym narządzie, co sprawia, że białka zaczynają łączyć się w grudki. Zablockowanie kanałów powoduje też cofnięcie się soku do środka, ten zaś zawiera enzymy zdolne trawić nie tylko pokarm, ale także tkanki samej trzustki. Zaatakowane w ten sposób komórki ulegają uszkodzeniu lub zniszczeniu, osłabiając ogólne funkcjonowanie tego organu.

Trzustka wytwarza insulinę, hormon przekazujący glukozę z krwiobiegu do komórek, gdzie jest ona wykorzystywana w charakterze źródła energii. Kiedy zatem w wyniku zapalenia trzustki narząd ten wydziela zbyt mało insuliny, człowiek zapada na *cukrzycę*. Choroba ta cechuje się podwyższonym poziomem cukru we krwi, pomimo że komórki mają niedobór glukozy (patrz rozdział 8.).

Wrzodziejące zapalenie jelita grubego

Wrzodziejące zapalenie jelita grubego jest stosunkowo powszechnym zaburzeniem polegającym na tworzeniu się wrzodów błony śluzowej i podśluzowej, które zaczynają pojawiać się w odbytnicy, a następnie przechodzą w górę, wzdłuż jelita grubego. W miarę rozprzestrzeniania się wrzodów w jelicie pojawiają się opuchlizny oraz wysięki śluzowe i ropne. W jego wyściółce mogą tworzyć się ropnie, zaś otaczająca je tkanka może również ulegać zapaleniu, a nawet obumarciu. Wrzody kształtują się okresowo, zaś pomiędzy poszczególnymi atakami choroby pojawiają się okresy remisji.

Ze względu na uszkodzenie tkanek kał zmieszany jest z krwią i śluzem. Jeżeli utrata krwi jest znacząca, do objawów zapalenia może dołączyć anemia. Ponadto, w miarę postępowania choroby, błona odbytu ulega stwardnieniu i pokrywa się tkanką bliznowatą, co zmniejsza wchłanianie wody i substancji odżywczych. W wyniku tego w organizmie może dojść do zachwiania równowagi płynów.

Przyczyny powstania wrzodziejącego zapalenia jelita grubego nie są do końca poznane. Prawdopodobnie ma to związek z wadliwym działaniem komórek układu odpornościowego. Limfocyty T (te same, których niski poziom jest typowy dla AIDS; patrz rozdział 13.) mogą szkodliwie wpływać na komórki błony odbytnicy. Inna teoria głosi, że zapalenie to wywoływane jest przez infekcję. Także stres może być przyczyną kolejnych ataków, choć z całą pewnością nie powoduje on powstania samego zapalenia.

Leczenie tego schorzenia opiera się na zastosowaniu żywienia pozajelitowego (parenteralnego), co oznacza dożylne podawanie roztworu substancji odżywczych, aby jelita mogły zregenerować się samodzielnie. Osoby cierpiące na zapalenie jelita grubego nie mogą więc przyjmować doustnie żadnych pokarmów ani płynów. Podaje im się natomiast sterydy przeciwzapalne, leki przeciwbiegunkowe oraz żelazo, na wypadek pojawienia się anemii. Jeżeli taka forma leczenia okaże się niewystarczająca, konieczna jest interwencja chirurgiczna. To samo odnosi się do przypadku, gdy obrzęk zaczyna grozić pęknięciem jelita, co może być potencjalnie groźne dla życia pacjenta.

Wrzody żołądka

Zużywanie się tkanki może wywołać jej osłabienie czy też naruszenie noszące nazwę *wrzodu*. Narządy układu trawiennego są otoczone błoną śluzową zwaną *otrzewną*, wydzielającą śluz, który nie tylko miesza się z pokarmem, ułatwiając trawienie, ale także chroni ich ściany przed działaniem silnego kwasu solnego zawartego w kwasach żołądkowych. Czasami jednak ten okazuje się silniejszy, na skutek czego w błonie śluzowej przewodu pokarmowego kształtują się wrzody. Przez dłuższy czas uczeni myśleli,

że przyczyną ich powstawania jest przede wszystkim stres, gdyż wydzielanie soków żołądkowych podporządkowane jest działaniu przywspółczulnego układu nerwowego.

Niedawno jednak odkryto, że podstawową przyczyną tworzenia się wrzodów żołądka jest bakteria o nazwie *Helicobacter pylori*. Kiedy pojawi się ona w żołądku, wnika w błonę śluzową, tworząc wrzód. Dlatego też lekarze coraz częściej stosują antybiotyki zamiast innych leków, środków neutralizujących kwasy czy operacji chirurgicznych.

Rozdział 12

Oczyszczanie: układ moczowy

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Ważna różnica między oddawaniem moczu i kału.
 - ▶ Narządy układu moczowego.
 - ▶ Mechanizm tworzenia moczu.
 - ▶ Powszechne problemy z układem moczowym.
-

Zanim przejdiesz do lektury niniejszego rozdziału, sugeruję udanie się do WC i opróżnienie pęcherza. Kiedy zaczniesz czytać o gromadzeniu się w nim moczu, na pewno i tak poczujesz chęć udania się do toalety, więc oszczędź sobie czasu i zrób to teraz.

Lepiej? Dobrze. Teraz możemy porozmawiać o tym, w jaki sposób mocz powstaje w Twoim ciele (co zresztą będzie zachodziło także podczas lektury). Tworzy się on w naszych organizmach przez cały czas, więc kilka razy dziennie musisz przerwać to, co robisz, i udać się do łazienki. Co też zaraz zrobię.

Odwalanie brudnej roboty

Mocz jest głównym produktem usuwanym przez układ wydalniczy. *Kał*, choć też jest wydalany na zewnątrz organizmu, jest w rzeczywistości efektem działania układu trawiennego, podczas gdy to właśnie mocz zawiera produkty usuwane przez wszystkie komórki naszego ciała. Dlatego też oddawanie kału to ostateczny etap trawienia, a wydalanie moczu jest ostatecznym etapem całego metabolizmu.



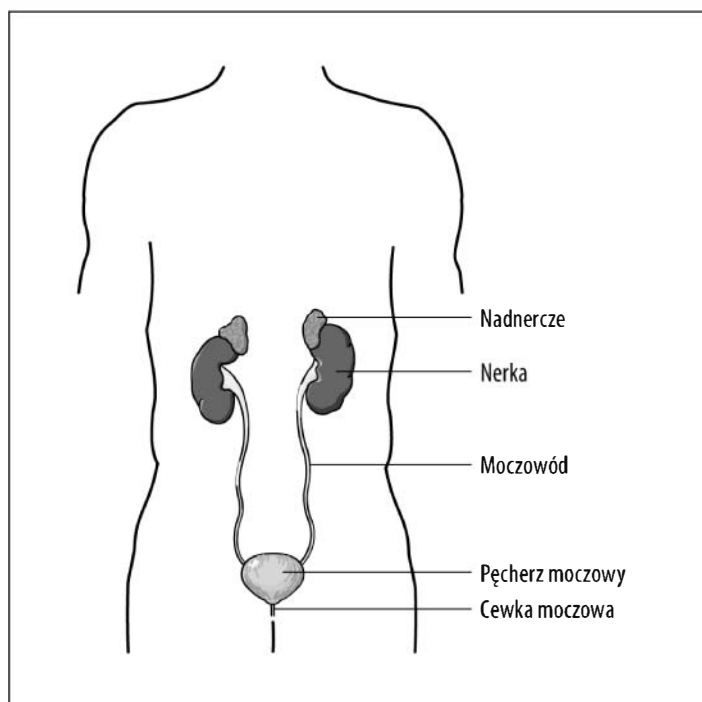
Niektórzy naukowcy twierdzą, że termin „wydalanie” w odniesieniu do moczu nie jest adekwatny, gdyż technicznie rzecz biorąc, wydalaniem można nazwać przeniesienie produktów przemiany materii do krwi. Z tego samego powodu kału nie powinno określać się mianem ekskrementów, gdyż jest on tworzony wyłącznie z pozostałości po strawionym jedzeniu i nie ma wiele wspólnego z metabolizmem komórkowym. Z drugiej strony treść żołądkowa jest źródłem składników odżywczych, które są przejmowane przez jelito

cienne, przenoszone do układu krwionośnego, a następnie wykorzystywane we wszystkich procesach metabolicznych zachodzących w każdej komórce ciała. Produkty uboczne tych procesów są wydalone z komórek do krwi i usuwane z organizmu za sprawą układu wydalniczego.

Poniżej znajdziesz opis narządów składających się na układ wydalniczy (patrz rysunek 12.1.), a także poszczególnych kroków, które organizm musi podjąć, aby wytworzyć mocz. Należy dodać, że układ ten jest najprostszym ze wszystkich, składa się bowiem z czterech narządów:

- ✓ nerek,
- ✓ moczowodów,
- ✓ pęcherza,
- ✓ cewki moczowej.

Z nich wszystkich jedynie nerki wytwarzają cokolwiek. Pozostałe organy służą jedynie do transportowania lub tymczasowego składowania ich produktów.



Rysunek 12.1.
Układ moczowy

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Wyrzucanie śmieci: nerki

Być może, gdy myślisz o oddawaniu moczu, pierwszym Twoim skojarzeniem jest pęcherz, ale tak naprawdę najważniejsze w tym układzie są nerki. To właśnie w nich powstaje bowiem mocz. Mówimy o *nerkach*, gdyż są one narządem podwójnym, umieszczonym po obu stronach ciała tuż pod żebrami, w dolnej części pleców. Chronione są przez najniższe żebra oraz mięśnie skośne.

Jamy, w których znajduje się większość narządów, wyściełane są *otrzewną*, będącą czymś w rodzaju tynku pokrywającego wewnętrzne ściany domu, osłaniającego zarówno mury nośne (mięśnie i kości), jak również instalacje elektryczne, gazowe i kanalizacyjne (układy narządów, np. nerwowy, trawienny i wydalniczy). Nerki znajdują się na zewnątrz otrzewnej i są połączone z tylną ścianą jamy brzusznej za pomocą tkanki łącznej i tłuszczowej. Silne uderzenie w dolną część pleców może bardzo łatwo przemieścić nerkę (stąd nazwa *nerka wędrująca*).



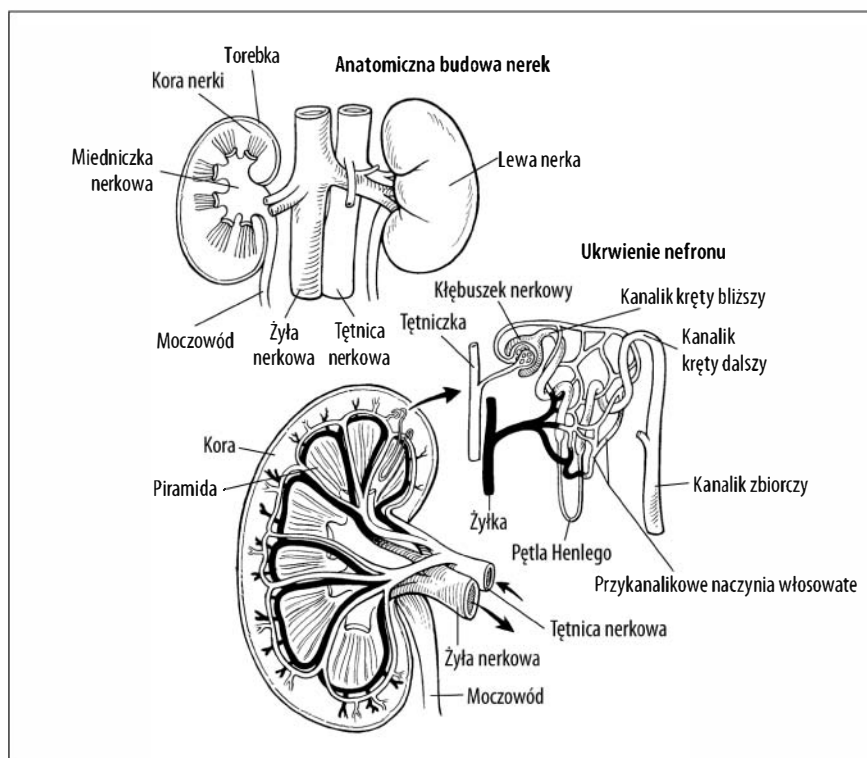
Większość produktów metabolizmu opuszcza Twój organizm za pośrednictwem nerek i układu moczowego. Chociaż Twoja skóra wydała pot (zawierający sól i wodę), płuca wydalają produkt oddychania, czyli dwutlenek węgla, zaś wątroba usuwa martwe czerwone krwinki oraz pigmenty żółciowe, to zadaniem Twoich nerek jest filtrowanie krwi i zatrzymywanie produktów przemiany materii, takich jak... część wody, sole i pigmenty żółciowe właśnie.

Nerki sprawnie filtrują krew, gdyż posiadają specyficzną strukturę (patrz rysunek 12.2.). Podobnie jak serce mają wielkość zaciśniętej pięści. Kształtem przypominają, nomen omen, orzechy nerkowca (lub ziarna fasoli) i są czerwono-brązowe.

Jeżeli masz pod ręką ziarna fasoli (zwłaszcza czerwonej), możesz je wziąć, by pomogły Ci wyobrazić sobie nerki. Na początek zdejmij z nich ciemną skórkę, która jest odpowiednikiem otaczającej nerki *torebki włóknistej* i *torebki tłuszczowej*. Zobaczysz pod nią jaśniejszy miąższ ziarna. Jego odpowiednikiem jest *kora nerkowa*.

Gdybyś przeciął nerkę wzdłuż jej osi pionowej, Twoim oczom ukazałyby się trójkątne struktury przypominające otwarte ostrygi. Są to *piramidy nerkowe*, oddzielone od siebie za pomocą naczyń krwionośnych. Najbardziej wewnętrzna część nerki to tzw. *miedniczka nerkowa*, zaś jej część zewnętrzna stanowi początek moczowodu. W miejscu, w którym miedniczka przechodzi w moczowód, z nerką łączą się dwa naczynia krwionośne: *tętnica nerkowa* i *żyła nerkowa*. Lekkie wgłębienie wewnętrznej części, w którym odchodzą one od nerki wraz z moczowodem, nosi nazwę *wnęki*.

Rysunek 12.2.
Budowa nerki
i powiększenie
nefronu



Tętnica nerkowa doprowadza krew, która jest następnie filtrowana, zaś żyła nerkowa odbiera ją i przekazuje do pozostałej części krwioobiegu. Kiedy krew napływa do nerki, trafia bezpośrednio do piramid nerkowych, a następnie do *nefronu* (kanalika nerkowego), będącego podstawową jednostką ją filtrującą i produkującą moc. W każdej nerce znajduje się ponad milion nefronów.

Krew przechodząca przez tętnicę nerkową jest przenoszona do odchodzących od niej tętniczek, które łączą się bezpośrednio ze znajdującą się w nefronie *torebką kłębuszkową* (znaną też pod nazwą *torebki Bowmana*). Wewnątrz niej naczynia krwionośne rozgałęziają się na jeszcze drobniejsze naczynia włosowate, tworzące *kłębuszek nerkowy*. To właśnie w nim dochodzi do filtrowania krwi. W miarę jak przepływa ona przez wysoce przepuszczalne naczynia kłębuszka, osocze (patrz rozdział 9.) przechodzi *filtrację ciśnieniową*. Płyny i usuwane produkty, takie jak mocznik czy glukoza, są odfiltrowywane, kiedy ciśnienie krwi w naczyniach jest wystarczająco silne, aby wypchnąć wodę i zawarte w niej substancje (ciśnienie w naczyniach włosowatych nerki jest wyższe niż w innych naczyniach włosowatych organizmu). Błona tych naczyń pełni zatem rolę filtra (jak w ekspresie do kawy), usuwając małe cząsteczki niepotrzebnych substancji, a zatrzymując w osoczu krwinki oraz duże molekuły białek i składników odżywczych.



Co godzinę nefrony filtrują ok. 7,5 litra osocza! U mężczyzn nieco więcej, a u kobiet nieco mniej, ale, tak czy inaczej, jest to bardzo duża ilość.

Substancje rozpuszczone w wodzie są przenoszone wraz z nią przez kanaliki nefronu: początkowo przez *kanalik kręty bliższy*, a następnie przez *pętlę Henlego* i *kanalik kręty dalszy*, który przechodzi w *kanalik zbiorczy*. Podobnie jak w przypadku jelita cienkiego, wchłaniającego substancje odżywcze, kanaliki nefronu również posiadają mikrokosmki ponownie absorbujące do krwiobiegu wodę, sole i inne potrzebne związki, które trafiają do mniejszych naczyń krwionośnych — *żyłek* (prowadzących do jednej z większych żył). Transport aktywny (patrz rozdział 3.) pozwala na ponowne przeniknięcie do krwi aminokwasów i glukozy. Transport zachodzący w kanalikach krętych dalszych nosi natomiast nazwę *wydzielania kanalikowego*.

Przebieg procesu resorpcji (wchłaniania zwrotnego) jest uzależniony od tego, jakie cząsteczki są wychwytywane, i dlatego też nosi nazwę *wchłaniania selektywnego*. Sód, aby przenieść się z płynu do krwi, wymaga transportu aktywnego, więc jest wychwytywany w kanalikach krętych bliższych i kierowany do *przykanalikowych naczyń włosowatych* (patrz rysunek 12.2.). Poza nim z płynu wylapywany jest także chlor, który wiąże się z sodem, tworząc cząsteczki soli (chlorku sodu).

Czy wiesz, w jaki sposób sól zatrzymuje wodę? Otóż, podczas gdy sole są przenoszone w ramach transportu aktywnego, woda jest rozprawdzana za pomocą transportu biernego. Innymi słowy, sód „wyciąga” wodę z osocza, aby utrzymać identyczne stężenie soli w kanalikach krętych bliższych i przykanalikowych naczyń włosowatych. Następnie około 65% wody i soli ulega wchłonięciu zwrotnemu z kanalików bliższych i ponownie trafia do krwiobiegu.



Przenoszenie płynów pomiędzy kanalikami pochłania około 5% przyjmowanych kalorii. Gdyby tylko ćwiczenia mogły być tak łatwe!

Usuwanie mocznika z komórek

Mocznik, główny produkt procesu wydalania, tworzy się w chwili przekształcania aminokwasów w energię. Ich grupy aminowe łączą się z tlenem i węglem, tworząc cząsteczki mocznika. Jest to jednak substancja toksyczna dla komórek, więc zostaje z nich usunięta. Mocznik, jako szkodliwy produkt przemiany materii, jest zatem wydalany do krwi (patrz rozdział 9.) ze wszystkich komórek naszego ciała. Następnie krew ta trafia do nerek, gdzie do mocznika dołączają następujące związki:

- ✓ **sole i woda:** pozostające w kanalikach nefronu;
- ✓ **substancje azotowe:** zawierające azot produkty przemiany materii zebrane z komórek całego organizmu;

- ✓ **jony:** atomy o dodatnim lub ujemnym ładunku znajdujące się w organizmie, np. atomy sodu (Na^+), wapnia (Ca^{2+}), potasu (K^+) czy chloru (Cl^-).

Tworzenie moczu w nerkach



Wydalenie może oznaczać nie tylko usuwanie substancji z organizmu, ale także przenoszenie ich z wnętrza komórki do przestrzeni śródkomórkowej.

Aby lepiej zrozumieć mechanizm łączenia się soli, wody, jonów i substancji azotowych w moczu, przyjrzyj się poniższej pięciostopniowej procedurze:

1. Kiedy płyn dostaje się do pętli Henlego, woda i sól na drodze dyfuzji przechodzą z ramienia wstępującego pętli do piramidy nerkowej.
2. W zależności od stężenia sodu w piramidzie, odpowiednia ilość wody przepływa do kanalik zbiorczego. Im wyższe jest jego stężenie, tym więcej jej się tam przedostaje. W dolnej części kanalik następuje wydzielanie się mocznika do piramidy.
3. Po wydzieleniu się mocznika z kanalików zbiorczych każdego nefronu piramida staje się dość mocno nasycona związkami azotowymi.
4. Wysokie stężenie związków azotu przyciąga wodę, która napływa do piramidy z kanalików zbiorczych, po czym zostaje wchłonięta stamtąd przez naczynia włosowate i skierowana z powrotem do krwiobiegu.
5. Płyny i substancje pozostające w kanalikach nefralnych tworzą wspólnie *mocz*.

W tabeli 12.1. znajdziesz spis obecnych w moczu związków azotowych wraz z miejscem ich pochodzenia.

Tabela 12.1. Azotowe składniki moczu i ich źródła

Składnik	Źródło
Mocznik	Metabolizowanie aminokwasów
Kreatynina	Metabolizowanie mięśni (np. trawienie mięsa)
Amoniak	Rozkładanie białek przez bakterie
Kwas moczowy	Rozłożone nukleotydy

Mocz jest żółty, ponieważ zawiera *urobilinogen*, związek tworzony przez bakterie rozkładające w okrężnicy bilirubinę, która z kolei powstaje na skutek rozpadu czerwonych krwinek w wątrobie (patrz rozdziały 9. i 11.). Kojarzący się z amoniakiem zapach moczu wynika z tego, że faktycznie znajduje się w nim nie tylko amoniak, ale także inne jego pochodne, np. mocznik.

Gdy ćwiczysz i pocisz się przy tym, ilość dostępnej w organizmie wody spada. W takiej sytuacji stara się on zachować pewną jej część, wykorzystując jej odpowiednio mniej do produkcji moczu. Staje się on zatem bardziej stężony i nabiera ciemniejszej barwy. Jeżeli natomiast organizm posiada więcej wody niż potrzebuje, jej nadmiar zostaje skierowany do produkcji bardziej rozcieńczonego moczu. Niezależnie jednak od stopnia jego stężenia, dopóki wraz z nim wydalone są toksyny i inne szkodliwe produkty, wszystko działa zgodnie z planem.

W moczu znajdują się także *kwasy hipurowe*, powstające po strawieniu warzyw i owoców, oraz *ciała ketonowe*, będące wynikiem trawienia tłuszczów.



W moczu osób cierpiących na cukrzycę często pojawia się nadmiar ciał ketonowych, ponieważ ich organizmy lepiej rozkładają tłuszcze niż cukry. W wyniku niedoboru insuliny te ostatnie nie są w stanie dotrzeć do komórek w odpowiedniej ilości, co organizm odbiera jako uczucie głodu (nadmiar ketonów jest też typowy dla osób mocno niedożywionych). Gdy ciała ketonowe nie są wydalone i zaczynają odkładać się w tkankach, ogólny poziom pH spada (co oznacza wzrost kwasowości), zaburzając homeostazę (patrz rozdział 8.). Nadmiar ciał ketonowych w tkankach osób niedożywionych i cierpiących na cukrzycę nosi nazwę *ketoacydozy*. Jej charakterystycznym objawem jest wyczuwalny w oddechu takich osób zapach świeżych owoców lub zmywacza do paznokci (acetonu).



Aby wytworzyć mocz, Twój organizm musi przeprowadzić następujące procesy:

1. Filtracja ciśnieniowa przez torebkę kłębuszkową usuwa z przepływającej przez korę nerek krwi takie substancje jak glukoza, aminokwasy czy azotowe produkty metabolizmu (mocznik, kwas moczowy, kreatynina) oraz wodę.

W czasie *filtracji ciśnieniowej* krew przepływa przez wysoce przepuszczalne naczynia włosowate kłębuszka nerkowego. Jest to możliwe, gdyż wysokie ciśnienie pozwala przedostać się przez błonę zarówno płynom, jak i rozpuszczonym w nich usuwanym substancjom.

2. Ponowne wchłanianie selektywne umożliwia powrót do krwi niektórym substancjom (glukozie, aminokwasom, solom i wodzie). Są one pobierane z bliższego kanaliką krętego na drodze dyfuzji lub transportu aktywnego.
3. Wydzielanie kanalikowe w aktywny sposób przenosi substancje usuwane z krwi do kanaliką krętego dalszego. Krew jest oczyszczana ponownie, tym razem z toksyn, takich jak metabolity żyjących leków (zwróć uwagę, że po zażyciu penicyliny mocz nabiera jej zapachu) i zbędne związki azotu. W tym momencie mocz jest silnie skoncentrowany.
4. Ponowny wychwyt wody zachodzi w kanale zbiorczym nefronu.

Kiedy sól zostanie wychwycona, woda miesza się z nią, aby ponownie wyrównać stężenia pomiędzy krwią a środowiskiem nerki w nefronie. Jeżeli Twój organizm potrzebuje wody (np. w stanie odwodnienia), do moczowodów trafia mocz bardziej stężony, co pozwala zachować ją w jego wnętrzu. Jeżeli zaś znajduje się w nim jej nadmiar, mocz trafi do pęcherza w stanie silnie rozcieńczonym.

5. Wydalanie zachodzi w chwili, kiedy stężony mocz i woda zostaną skierowane do pęcherza moczowego, gdzie przebywają do chwili usunięcia ich na zewnątrz przez cewkę moczową.

W dół moczowodów

Twój organizm wytwarza stężony mocz, który następnie miesza się z wodą, a otrzymany w ten sposób roztwór przepływa pętlą Henlego do kanalika zbiorczego. Kropla po kropli mocz spływa z kanalików zbiorczych poszczególnych nefronów do lejkowatej miedniczki nerkowej, która kieruje go do moczowodu.

Moczowody to przewody transportujące wytworzony w nerkach mocz do pęcherza. Każda nerka posiada jeden moczowód odchodzący od jej miedniczki. Przypominają one budową jelita. Podobnie jak one, składają się z trzech warstw: okrywającej, mięśniowej i śluzówki wyściełającej wewnątrz. Warstwa mięśniowa odpowiedzialna jest za skurcze perystaltyczne, dzięki którym mocz może sprawnie przepływać z nerek do pęcherza.



Dializa krwi ratuje życie

U osób cierpiących na choroby nerek nefrony są zwykle uszkodzone i nie są w stanie sprawnie filtrować wystarczającej ilości toksyn czy innych zbędnych związków, dlatego też mocz takich pacjentów jest nienaturalnie rozwodniony i zawiera mało tych substancji. Kiedy w organizmie nagromadzi się zbyt wiele szkodliwych związków azotu, grozi to zaburzeniem homeostazy, co tylko pogłębia uszkodzenia komórek i tkanek. Kiedy zaś obumrze zbyt duża ich ilość, następuje zgon.

Aby przedłużyć życie osób cierpiących na choroby nerek, odciąga się z ich naczyń krew, filtruje się ją za pomocą specjalnego urządzenia i wtłacza na powrót do żył. Proces ten nosi na-

zwę *dializy krwi* i polega na jej pobraniu z tętnicy (na ogół z tętnicy promieniowej ramienia) i przetłoczeniu przez długą, półprzepuszczalną spiralę zanurzoną w ciepłej wodzie. Woda (a właściwie roztwór różnych substancji) pozwala utrzymać normalną temperaturę krwi, a także zapewnia ośrodek, do którego toksyny przechodzą na drodze dyfuzji. W roztworze tym brakuje związków występujących w nadmiarze we krwi pacjenta, a więc mogą one do niego przejść na skutek wyrównywania stężeń (jeżeli np. u osoby chorej wykryje się nadmiar mocznika lub potasu, do roztworu nie dodaje się tych dwóch substancji). Pozwala to obniżyć stężenie potencjalnie groźnych toksyn we krwi, która po oczyszczeniu wraca do żyły pacjenta.

Składowanie moczu w pęcherzu

Pęcherz moczowy stanowi elastyczny zbiornik, w którym składowany jest mocz. Znajduje się on w jamie miednicznej, tuż za kośćmi łonowymi, naprzeciw odbytnicy (u kobiet przed macicą i pochwą). Podobnie jak inne narządy układu moczowego i trawiennego, pęcherz składa się z zewnętrznej warstwy ochronnej, kilku warstw mięśni, których włókna ułożone są w różnych kierunkach, oraz wewnętrznej śluzówki. Mięśnie pozwalają na obkurczanie i rozkurczanie pęcherza w zależności od tego, ile znajduje się w nim mocz.

Maksymalna ilość moczu, jaka może zmieścić się w pęcherzu, to ok. 600 mililitrów. Kiedy wywiera on nacisk na receptory ciśnienia, do mózgu wysłany zostaje impuls, że powinien zostać opróżniony. Pierwszy taki sygnał pojawia się, gdy zawiera on ok. 200 ml moczu. Kiedy zbierze się go ok. 400 ml, człowiek odnosi wrażenie, że pęcherz za chwilę mu eksploduje. Oczywiście nic takiego zdarzyć się nie może, ale w miarę wypełniania się pęcherza coraz trudniej jest utrzymać zaciśnięty zwieracz. Kiedy człowiek jest gotowy do oddania moczu, mózg wysła impuls rozluźniający go i kurczący mięsień wypieracz pęcherza, aby ciecz mogła ujść na zewnątrz za pośrednictwem *cewki moczowej*.

Wydzielanie moczu na zewnątrz

Cewka moczowa to przewód pozwalający na wydzielenie moczu z pęcherza na zewnątrz. U kobiet liczy sobie ona 3 – 4 cm długości, kończąc się ujściem w przedniej ścianie pochwy, pomiędzy wejściem do niej a lechtaczką. U mężczyzn cewka moczowa ma długość około 20 cm i biegnie wzdłuż prostaty i penisa, na którego szczycie znajduje się jej ujście.

Utrzymywanie homeostazy

Nerki pełnią kilka funkcji regulujących, które są bardzo ważne dla utrzymania właściwego stanu zdrowia. Owszem, usuwają one szkodliwe substancje z krwi a także wytwarzają mocz, jednak to nie wyczerpuje listy ich zadań. Stanowią one bowiem główny narząd utrzymujący homeostazę, czyli ciągły proces prawidłowego funkcjonowania organizmu mający zapewnić mu optymalne działanie. Nerki są przede wszystkim odpowiedzialne za utrzymywanie równowagi pomiędzy zawartością wody i soli we krwi, a także kwasowości tej ostatniej, określanej na skali pH (od 0, czyli roztworu bardzo kwaśnego, zawierającego dużo jonów wodorokowych, do 14, czyli roztworu silnie zasadowego, zawierającego ich bardzo mało). Więcej informacji na temat pH znajdziesz w sekcji „Regulowanie pH” niżej).

Równoważenie

Organizm traci wodę, kiedy zużywa ją na rozcieńczanie moczu, natomiast gdy stara się ją zaoszczędzić, skutkuje to większym jego stężeniem. To, jak wiele wody zostanie zużytej w procesie wydalania, zależy właśnie od pracy nerek.

Jeżeli jesteś mężczyzną, ponad połowa masy Twojego ciała (około 60%) przypada na wodę zawartą w płynie komórkowym (czyli tzw. płynie wewnątrzkomórkowym), płynie otaczającym komórki tkanek (płynie międzykomórkowym), osoczu krwi, limfie, płynach układu trawiennego i śluzówce. Jeżeli jesteś kobietą, to woda stanowi nieco mniejszą część Twojej masy (około 50%), gdyż ciała kobiet posiadają więcej tkanki tłuszczowej niż ciała mężczyzn. Tkanka ta zawiera mniej komórek (a zatem mniej wody) niż tkanka mięśniowa. Jeśli Twój organizm zużyje więcej wody niż jej przyjmie, grozi mu odwodnienie. Owszem, każdego dnia komórki Twojego ciała tworzą wodę i każdego dnia pijesz różne napoje, ale codziennie też oddajesz mocz i kał, pocisz się oraz wydychasz parę wodną. Wszystkie te czynności oznaczają utratę wody. Twoje ciało musi zatem pilnować jej ilości, a jego reakcją na jej brak jest uczucie pragnienia. Proces wydalania wody regulowany jest przez hormony.

Monitorowanie ciśnienia krwi

Nerki wykorzystują proces wydzielania i ponownego wychwyty w kanalikach do zmiany zawartości wody i soli we krwi. Jednakże, wraz z wątrobą i nadnerczami, pomagają one także utrzymać w niej właściwy poziom sodu i potasu, co ma wpływ na jej ilość, a co za tym idzie — na ciśnienie.

Kiedy krew jest filtrowana w wątrobie (patrz rozdział 11.), jej ciśnienie oceniane jest przez specjalne receptory. Gdy spadnie ono poniżej normalnej wartości, istnieje ryzyko, że krew nie będzie poprawnie filtrowana w kłębuszkach nerkowych (nie zapominać, że proces ten wymaga podwyższonego ciśnienia). Dlatego też wątroba może podnosić ciśnienie, zwiększając objętość krwi w układzie.

Aby podnieść ciśnienie krwi:

1. Wątroba wytwarza białko noszące nazwę *angiotensynogenu*.
2. Nefrony znajdujące się w nerkach sprawdzają objętość krwi. Jeżeli jest zbyt mała, wydzielają *reninę*, która przekształca angiotensynogen w *angiotensynę I*.

3. Po pewnym czasie ciśnienie jest sprawdzane ponownie, tym razem w naczyniach włosowatych płuc (patrz rozdział 10.). Jeżeli jest za niskie, płuca wydzielają *konwertazę angiotensyny (ACE)* przekształcając angiotensynę I w angiotensynę II.
4. Obecność angiotensyny II w krwiobiegu sprawia, że nadnercza wydzielają aldosteron, który pozwala na ponowny wychwyt sodu z nefronów i skierowanie go z powrotem do krwi.
5. Za solą zawsze podąża woda. Po aktywnym transporcie sodu do krwi, absorbuje ona także ją.
6. Przepływ wody do krwiobiegu wywołuje wzrost objętości krwi, który podnosi jej ciśnienie. Dzięki temu krew może przejść przez kłębuszek nerkowy i zostać odpowiednio przefiltrowana w celu usunięcia z niej toksyn.



Błędy pojawiające się w układzie reninowo-angiotensynowo-aldosteronowym mogą wywoływać *nadciśnienie*. Niektóre leki przeciwko temu zaburzeniu są jednocześnie inhibitorami ACE. Kiedy, za ich sprawą, płuca nie wydzielają tego związku, angiotensyna I nie może być przekształcana w angiotensynę II, przez co do krwi nie przedostaje się nadmiar sodu i wody. Należy przy tym pamiętać, że choć niskie ciśnienie uniemożliwia filtrowanie właściwych ilości toksyn, to ciśnienie zbyt duże również może być szkodliwe. Równoważenie tych dwóch aspektów homeostazy jest zatem rzeczą niezwykle ważną.

Na ciśnienie krwi wpływ mają także następujące hormony:

- ✓ **Hormon antydiuretyczny (ADH)** wydzielany jest przez przysadkę mózgową (patrz rozdział 8.) po ponownym wychwycie sodu w nefronach, któremu nie towarzyszy jednak odpowiednie wchłonięcie wody. ADH sprawia, że z produkowanego moczu do organizmu wraca większa jej część, co zagęszcza mocz i zmniejsza jego objętość. Jeżeli zatem nie wypijesz odpowiedniej ilości płynu (ok. 2 litrów dziennie) lub stracisz dużo wody poprzez pocenie się, wymioty bądź biegunkę, ADH pozwoli na utrzymanie ciśnienia na właściwym poziomie.
- ✓ **Przedsionkowy hormon natriuretyczny (ANP)** wywołuje efekt odwrotny w stosunku do ADH. Kiedy krew przepływa przez serce, receptory rozciągliwości wewnątrz niego oceniają jej objętość. Jeżeli jest zbyt wysoka, część zawartej w niej wody musi zostać usunięta z krwiobiegu, by obniżyć ciśnienie. Komórki serca uwalniają zatem ANP, który powstrzymuje nerki przed wydzielaniem reniny. Bez niej angiotensyna nie może zostać przekształcona w angiotensynę I, co uniemożliwia produkcję angiotensyny II. Działanie ANP zapobiega zatem ponownemu wychwytowi sodu i wody z nerek do krwiobiegu, dzięki czemu objętość krwi i jej ciśnienie zostają obniżone.



Suchość w ustach

Poza psychoaktywnym oddziaływaniem na mózg, alkohol jest też naturalnym diuretykiem, gdyż zapobiega wydzielaniu ADH przez przysadkę mózgową. Po jego spożyciu nerki dokonują ponownego wychwyty sodu, ale nie otrzymują od przysadki polecenia, by wychwycić odpowiednią ilość wody. To sprawia, że zostaje ona zużyta do produkcji moczu. Dlatego też przy picu alkoholu człowiek wydalą go więcej, a jednocześnie spada objętość jego

krwi. W wyniku takiej utraty wody dochodzi do odwodnienia, które jest jedną z przyczyn zatrucia potocznie zwanego kacem. Aby go uniknąć, najlepiej nie pić alkoholu. Jeżeli jednak zdecydujesz się na picie, pamiętaj, aby po każdym kuflu piwa czy kieliszku mocniejszych alkoholi wypić szklankę wody. Jeśli mimo to następnego dnia dopadną Cię objawy kaca, wypij większą jej ilość, aby je złagodzić.

Regulowanie pH

Kwasy zawierają więcej wodoru niż grup wodorotlenkowych, zasady natomiast odwrotnie. Kwasy mają odczyn pH (miara stężenia jonów wodorowych) wynoszący od 0 do 7, zasady — od 7 do 14 (więcej informacji na temat jonów znajdziesz w rozdziale 5.). Ludzka krew powinna posiadać odczyn około 7,4 z niewielkim marginesem rozbieżności. Jeżeli spadnie on poniżej 7, mówimy o wystąpieniu *kwasicy*, jeśli natomiast przekroczy 7,8, dochodzi do *zasadowicy*. Obie te sytuacje są potencjalnie groźne dla życia i wymagają podania substancji buforujących, które pochłaniają nadmiarowe jony wodorowe lub wodorotlenkowe.

Część kwasów wytwarzana jest w procesie metabolizmu, a część (jak np. kwas cytrynowy) dostarczana jest do organizmu z pożywieniem. Nawet trawienie tłuszczów powoduje powstanie kwasów tłuszczowych. Jako że wszystkie one zawierają wodór, to wszystkie też sprzyjają podniesieniu kwasowości krwi. Aby temu zapobiec, ciało korzysta z kilku systemów neutralizujących. Jednym z nich są właśnie nerki.

Najczęściej wykorzystywany sposób neutralizacji (buforowania) zachodzi w osoczu i polega na użyciu kwasu węglowego (słaby kwas) i dwuwęglanu sodu (sodowej soli kwasu węglowego). Kiedy kwas — nazwijmy go roboczo kwasem X — o niższym pH niż kwas węglowy (a więc wyższej kwasowości) pojawi się w organizmie, czy to w wyniku metabolizmu, czy też odżywiania się, zostaje on zneutralizowany przez dwuwęglan sodu. Reakcja tej soli z kwasem X odbiera mu jony wodoru, tworząc cząsteczki kwasu węglowego (dużo słabszego) oraz soli sodowej kwasu X.

Gdy wypijasz szklankę soku pomarańczowego, wprowadzasz do organizmu kwas cytrynowy. Kiedy trafi on do krwiobiegu, zostanie tam zneutralizowany przez dwuwęglan sodu, który odbierze mu część jonów wodorowych,

tworząc przy tym cytrynian sodu i kwas węglowy. Przekształcenie kwasu cytrynowego w słabszy kwas węglowy pozwala na utrzymanie pH krwi na właściwym poziomie.

Jony wodorowe są często wymieniane w nerkach na sodowe. Sód jest absorbowany przez ten organ i zwracany do krwioobiegu, wodór zaś trafia do moczu, z którym jest usuwany z organizmu. Kwas węglowy rozkłada się na powracający do krwioobiegu dwutlenek węgla (usuwany z płuc na zewnątrz wraz z wydychanym powietrzem) i wodę (która, jeżeli nie jest potrzebna, zostaje wydalona wraz z moczem).

Nerki są również w stanie wykryć zbyt niskie pH krwi (czyli jej nadmierną kwasowość). Gdy płyny ustrojowe są zbyt kwaśne, glutamina (aminokwas) ulega rozkładowi, na skutek którego wytwarzany jest amoniak. Kiedy jego cząsteczki trafiają do pierwotnego moczu, zawarte w nim jony sodu wracają do krwioobiegu, gdzie mogą tworzyć dodatkowe molekuły dwuwęglanu sodu, pozwalające na dalsze neutralizowanie kwasów.

Zaburzenia i choroby układu moczowego

Chociaż układ moczowy składa się z niewielkiej liczby narządów, których działanie jest dość proste, także i on może ulec dysfunkcji. Jako że nerki odgrywają bardzo ważną rolę w homeostazie, zaburzenia ich funkcjonowania mogą doprowadzić do nieprawidłowego działania innych układów. Układ moczowy może także zostać zaatakowany przez bakterie, a jego narządy są czasem również uciskane przez sąsiadujące z nimi organy.

Infekcja dróg moczowych

Zapalenia tego rodzaju są dużo częstsze u kobiet niż u mężczyzn, gdyż cewka moczowa tych pierwszych jest kilkakrotnie krótsza, co ułatwia przedostanie się bakterii do pęcherza moczowego.

Infekcje dróg moczowych pojawiają się nagle i są trudne do przeoczenia. Ich typowym objawem jest silny ból towarzyszący oddawaniu moczu. Należy przy tym pamiętać, że termin „infekcja dróg moczowych” jest nazwą dla całej grupy zakażeń mogących obejmować konkretne narządy, takich jak np. *zapalenie pęcherza moczowego*, *odmiedniczkowe zapalenie nerek* czy *zapalenie cewki moczowej*.

Główną przyczyną infekcji dróg moczowych są zwykle różnego rodzaju bakterie, które rozprzestrzeniają się z okolic odbytu. Czasami zapalenia takie mogą też być wynikiem chorób wenerycznych, np. chłamydiozy lub rzeżączki.

Ponieważ zapalenia układu moczowego są łatwe do zauważenia i dość nieprzyjemne, ludzie zwykle starają się leczyć je jak najszybciej, co zapobiega zajmowaniu przez nie dalszych partii układu moczowego. Jeżeli jednak zakażenie dotrze do pęcherza i zaatakuje nerki, może dojść do ich uszkodzenia. Co więcej, zważywszy na ilość krwi przechodzącej przez te narządy, infekcja bakteryjna może doprowadzić do *posocznicy*, czyli groźnego dla życia rozprzestrzeniania się drobnoustrojów chorobotwórczych za pośrednictwem krwiobiegu. Jeżeli zatem poczujesz ból przy oddawaniu moczu, natychmiast podejmij odpowiednie działania.

Kiedy zgłosisz się z takim problemem do lekarza, ten zwykle poprosi Cię o próbkę moczu, aby sprawdzić, jakie mikroorganizmy zaatakowały Twoje drogi moczowe. Jeżeli analiza wykryje bakterie, lekarz przepisze Ci prawdopodobnie jakiś antybiotyk. Można też zastosować leki dostępne bez recepty w celu osłabienia intensywności objawów, ale nie zastąpią one antybiotyku.

Liczenie kamieni nerkowych

Jak sama nazwa *kamieni nerkowych* wskazuje, są one twarde i przypominają kamienie. Kamieniem nazywa się też nalot usuwany z zębów, który, jak można się domyślić, również jest bardzo twardy.

Przyczyną powstawania kamieni nerkowych jest wysokie stężenie moczu, jakie tworzy się u osób, które piją zbyt mało płynów i stale znajdują się w stanie lekkiego odwodnienia. Im silniej stężony jest mocz, tym większa jest szansa, że zawarte w nim substancje (np. kwas moczowy) będą się łączyć w małe kryształki, które zaczną osadzać się w nerkach, tworząc kamienie nerkowe, lub w stawach, wywołując dnę moczanową.

Jednym z najpopularniejszych składników kamieni jest *kwas szczawiowy*, który znajduje się w wielu zielonych roślinach liściastych, jak np. szpinak, a także w kawie i czekoladzie. Reaguje on z wapniem, tworząc słabo rozpuszczalny szczawian wapnia, a ten, krystalizując, tworzy kamienie. Inną przyczyną kamieni nerkowych mogą być też zaburzenia metabolizmu lub infekcje dróg moczowych.

Kamień blokujący światło moczowodu może wywołać silny ból, czasami prowadzący do mdłości lub wymiotów. Może też uszkodzić nabłonek moczowodu, powodując krwotok, objawiający się obecnością krwi w moczu. Jeżeli kamienie są małe (poniżej 5 mm średnicy), lekarz może uznać, że „zostaną one wydalone”, i zalecić picie dużych ilości wody w celu

wypłukania ich z organizmu i usunięcia wraz z moczem. Istnieją też nieinwazyjne techniki usuwania kamieni (tzn. nie wymagające chirurgicznego ingerowania w jamę brzuszną), takie jak oddziaływanie wstrząsami (litotrypsja wstrząsowa) lub ultradźwiękami (litotrypsja ultradźwiękowa).

Problemy z prostatą

U mężczyzny część cewki moczowej otoczona jest gruczołem prostaty. W chwili wytrysku płyn nasienny przesącza się do cewki, która pełni rolę końcowego odcinka układu moczowego i rozrodczego, ale funkcje te nie mogą być pełnione jednocześnie (patrz rozdział 14.). Podczas produkcji płynu nasennego prostata wzbogaca go o wydzielane przez siebie substancje.

Wraz z biegiem czasu gruczoł powiększa się, a proces ten zaczyna się zwykle w wieku ok. 50 lat. Jeżeli dojdzie do przerostu prostaty, może ona uciskać cewkę moczową i utrudniać przepływ przez nią, co może prowadzić do infekcji dróg moczowych lub bolesnego oddawania moczu. Nacisk ze strony pęcherza może sprawić, że mocz będzie leciał powoli, co zwykle powoduje konieczność jego częstego opróżniania.

Przerost prostaty może zostać wykryty w czasie badania *per rectum* (przez odbyt), w czasie którego lekarz może wyczuć nadmiernie napięty pęcherz. Kiedy objawy są poważne lub też wykryty zostanie nowotwór, konieczne jest zwykle operacyjne usunięcie gruczołu.

Nietrzymanie moczu

Nietrzymanie moczu (inkontynencja), jak sama nazwa wskazuje, polega na niezdolności do powstrzymania się od jego oddawania. Istnieją cztery odmiany tego zaburzenia, ale przyczyną każdego z nich jest infekcja lub uszkodzenie dróg moczowych.

- ✓ **Nietrzymanie stresowe.** Najpowszechniejszy rodzaj inkontynencji, wynikający z ucisku wywieranego na pęcherz w czasie kaszlu, biegu, śmiechu lub napięcia mięśni (np. przy podnoszeniu ciężkich przedmiotów). Występuje on przede wszystkim u kobiet, które wielokrotnie przechodziły poród, co mogło osłabić mięśnie otaczające pęcherz i trwale połuźnić zwieracz cewki moczowej.
- ✓ **Nietrzymanie parcia.** Tego rodzaju inkontynencja jest szczególnie nieprzyjemna, gdyż polega na oddawaniu moczu zaraz po otrzymaniu z mózgu sygnału o konieczności opróżnienia pęcherza, nie dając choremu możliwości powstrzymania tego procesu do chwili, w której

będzie to akceptowane (np. do czasu dojścia do toalety). Zwłaszcza do takich ludzi skierowana jest oferta producentów „specjalnej bielizny dla dorosłych”.

- ✓ **Nietrzymanie z przepełnienia.** Występuje ono u chorych, u których układ moczowy jest zablokowany w wyniku przerostu prostaty, obecności kamieni nerkowych lub innego czynnika ograniczającego jego drożność. W takiej sytuacji mocz cofa się do pęcherza, który zawsze zawiera pewną jego ilość. Gdy dochodzi do jego przepełnienia, nacisk mięśni na pęcherz sprawia, że mocz powoli wycieka z cewki moczowej. Problem zwykle ustępuje po opróżnieniu pęcherza i usunięciu blokady.
- ✓ **Nietrzymanie całkowite.** Pewne infekcje, zaburzenia budowy anatomicznej lub uszkodzenia rdzenia kręgowego mogą wywołać całkowitą utratę kontroli nad pęcherzem i zwieraczem cewki moczowej. W takiej sytuacji mocz wypływa przez nią swobodnie zaraz po tym, jak znajdzie się w pęcherzu.

W zależności od przyczyny nietrzymania moczu lekarze zalecają wykonywanie ćwiczeń mięśni miednicy, przyjmowanie leków lub używanie urządzeń medycznych (np. cewników).

Rozdział 13

Uczciwa walka: układ odpornościowy

W tym rozdziale:

- ▶ W jaki sposób układ limfatyczny pomaga podnieść odporność.
- ▶ Omówienie komórek układu odpornościowego.
- ▶ Reakcje systemu odpornościowego na zapalenie.
- ▶ Odkrywanie sekretów przeciwciał i układu dopełniacza.
- ▶ Opis chorób i zaburzeń układu odpornościowego.

Gatunek ludzki nie przetrwałby zbyt długo, gdyby jego przedstawiciele nie posiadali układów odpornościowych. Wystarczyłby jeden wirus grypy, aby doprowadzić do przedwczesnego wyginięcia wszystkich ludzi, gdyby nie było układu potrafiącego go zwalczyć.

W niniejszym rozdziale przyjrzymy się systemowi odpornościowemu i wyjaśnimy, w jaki sposób chroni on Twoje komórki. Jest on bowiem aktywny w chwilach zdrowia i w czasie choroby. Stanowi barierę chroniącą cały organizm przed działaniem wirusów, bakterii i obcych komórek, a także komórek własnych wykazujących nieprawidłowe działanie (np. nowotworowych).

Poza układem odpornościowym ludzki organizm wykorzystuje też do ochrony inne narządy:

- ✓ **Skóra:** stanowi barierę dla niezliczonej liczby ciał i drobnoustrojów. Znajdujące się w niej gruczoły wydzielają substancje poprawiające skuteczność tej ochrony (patrz rozdział 6.).
- ✓ **Błony śluzowe:** wyściełają narządy układu oddechowego i trawiennego, przechwytyując drobnoustroje zdolne naruszyć równowagę organizmu i wywołać choroby u zwierząt (w tym ludzi).

- ✓ **Rzęski:** delikatne, włosowate ciała znajdujące się w wyściółce układu oddechowego i trawiennego, które przechwytyują kurz i drobnoustroje i przesuwają je do gardła, gdzie następnie są one połykane i usuwane na drodze trawienia i wydalania (więcej informacji na temat rzęsek znajdziesz w rozdziale 2.).
- ✓ **Kwas solny:** kwas wchodzący w skład soków żołądkowych i niszczący większość bakterii, które mogą trafiać do układu trawiennego wraz z pożywieniem. Drobnoustroje, które przedostaną się do jelit, są natomiast zwalczane przez „dobre” bakterie tworzące naturalną florę układu trawiennego.

Wszystkie opisane wyżej mechanizmy mają za zadanie utrzymywanie mikrobów z dala od krwiobiegu i tkanek. Nie są one jednak doskonałe i jeżeli szkodliwe substancje czy mikroorganizmy przenikną do wnętrza ciała, musi się nimi zająć układ odpornościowy.

Omawiany układ tworzy wiele komórek i różnych cząsteczek. W odróżnieniu od innych układów nie składa się on jednak z połączonych i współpracujących ze sobą organów, znajdujących się w jednym, konkretnym rejonie ciała. Tworzy go bowiem sieć naczyń limfatycznych i krwionośnych, dzięki którym komórki układu odpornościowego są w stanie przenikać w dowolne miejsce organizmu (więcej o krążeniu dowiesz się w rozdziale 9.). Komórki te „polują” na obce drobnoustroje i niszczą je, dezaktywują bądź zabijają, aby chronić Twoje zdrowie. Więcej na ten temat napiszę w sekcji „Polowanie i atak: komórki systemu odpornościowego” niżej).

Jak pokochać swój układ limfatyczny

Naczynia limfatyczne (chłonne), czyli przewody, którymi limfa (chłonka) krąży po całym naszym ciele, przypominają żyły układu krwionośnego (patrz rozdział 9.), gdyż posiadają zastawki uniemożliwiające jej cofanie (dokładny opis tej substancji znajdziesz w ramce „Czym jest limfa”). Dlatego też obieg w układzie limfatycznym może mieć tylko jeden kierunek. Dodatkowo składające się nań naczynia muszą być uciskane, by wymusić przepływ limfy. Jest to możliwe dzięki skurczom mięśni szkieletowych podczas poruszania się poszczególnych partii ciała.



Nadmiar płynu komórkowego jest wchłaniany przez naczynia limfatyczne i zwracany do krwiobiegu jako limfa.



Podobnie jak w przypadku układu krążenia, naczynia limfatyczne rozgałęziają się, dzięki czemu część z nich jest dość spora, część zaś nie większa niż naczynia włosowate. Większe naczynia łączą się z kanałem tarczycy (zwanym także lewym kanałem limfatycznym) lub z prawym

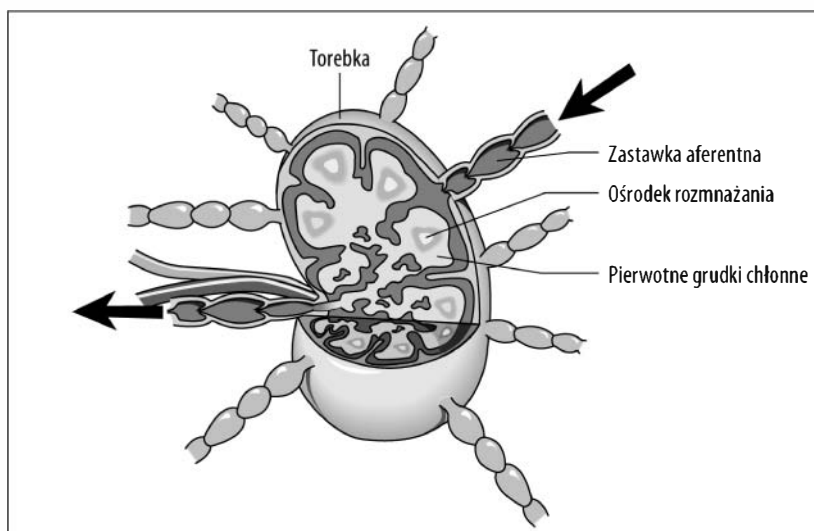
Czym jest limfa

Limfa, czyli płyn krążący w naczyniach limfatycznych, to nadmiar płynu tkankowego, który otacza każdą komórkę. Wszystkie komórki muszą znajdować się w środowisku płynnym, gdyż tlen i składniki odżywcze muszą zostać rozpuszczone, zanim będą w stanie do nich przeniknąć. Kiedy zatem wytworzony zostanie nadmiar tego płynu, zostaje on wchłonięty do naczyń krwionośnych, gdzie nosi nazwę limfy.

Limfa krąży w naczyniach, przenosząc limfocyty (białe krwinki), a czasami też małą ilość czerwonych krwinek i cząsteczek tłuszczów. Część jej przechodząca przez węzły chłonne jest filtrowana i oczyszczana z mikroorganizmów lub zanieczyszczeń. Następnie zwracana jest przez żyły do układu krwionośnego.

kanalem limfatycznym. Ten drugi przewód, znajdujący się po prawej stronie szyi, w pobliżu prawego obojczyka, wchłania limfę pochodzącą z prawej ręki i z całej prawej połowy ciała nad przeponą. Przewód piersiowy, biegnący przez środek klatki piersiowej, zbiera limfę z pozostałych partii organizmu. Wszystkie naczynia limfatyczne przebiegają w pobliżu naczyń krwionośnych, aby umożliwić komórkom szybkie przemieszczanie się po całym ciele lub dotarcie do serca. Prawy i lewy przewód limfatyczny łączy się, odpowiednio, z prawą i lewą żyłą podobojczykową.

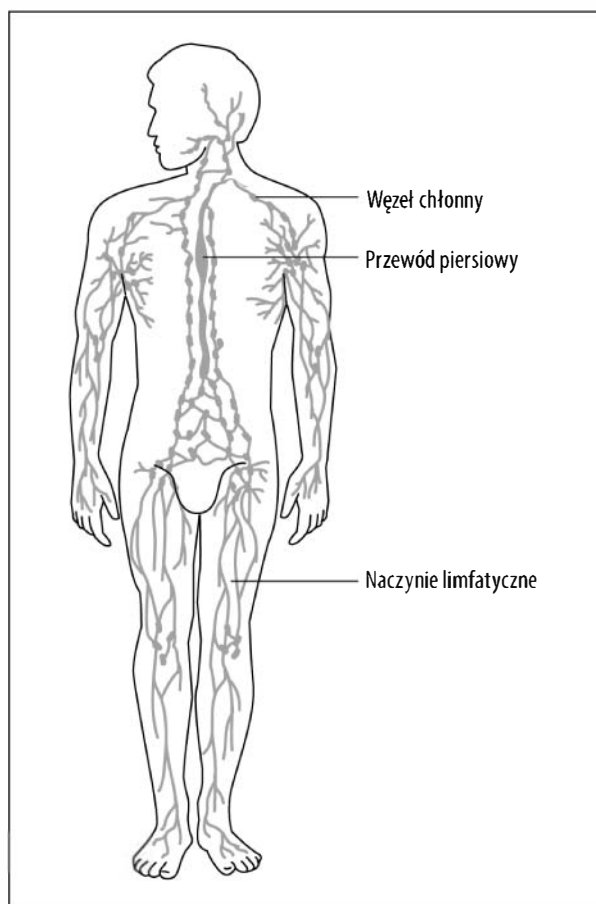
Zanim limfa dostanie się do naczyń i zostanie przekazana do układu krążenia, musi przejść przez węzły chłonne, czyli otoczone błoną fragmenty tkanki, których zadaniem jest jej filtrowanie. Tkanka łączna włóknista (patrz rysunek 13.1.) zarówno otacza węzeł błoną, jak i dzieli go na zatoki. Na zewnątrz nich znajduje się kora, zawierająca dwa rodzaje limfocytów:



Rysunek 13.1.
Przekrój węzła
chłonnego

- ✓ **Limfocyty B:** rozwijają się w części kory noszącej nazwę *ośrodkowa odczynowa*. Komórki te wytwarzają przeciwciała (patrz „Odpowiedź odpornościowa swoista” niżej w tym rozdziale).
- ✓ **Limfocyty T:** rozwijają się w pozostałych obszarach kory. Są odpowiedzialne za niszczenie innych komórek zaatakowanych przez szkodliwe drobnoustroje. Żadne odstępstwo od normy nie jest tolerowane!

Węzły chłonne rozmieszczone są w całym ciele (patrz rysunek 13.2.), m.in. pod pachami, w szyi i w pachwinach. Największe ich zagęszczenie występuje w okolicach głowy i szyi, ponieważ w tym rejonie znajduje się wiele *otworów ciała*, przez które łatwo mogą przedostać się grzyby, bakterie i wirusy. Znajdujące się w gardle *migdałki gardłowe* są właśnie węzłami chłonnymi, podobnie jak *migdałki językowe*.



Rysunek 13.2.
Układ
limfatyczny

From LifeART®, Super Anatomy 3, Lippincott, Williams & Wilkins, 2002



Migdałki zbudowane z tkanki limfatycznej przypominają strażników stojących u bram, gdyż ich zadaniem jest zatrzymywanie wszystkich drobnoustrojów, które chcą zaatakować Twój organizm. Innym rejonem, w którym łatwo o inwazję czynników chorobotwórczych, jest układ pokarmowy, ale ten z kolei strzeżony jest przez tzw. *ścieżki Peyera* i węzły chłonne znajdujące się w ścianach jelit.

Jeżeli zapadniesz na ospę wietrzną, przeziębienie lub grypę, będzie to oznaczało, że Twój organizm został zaatakowany przez wirusa. *Wirus* jest drobnoustrojem pozbawionym możliwości metabolizowania i reprodukcji, ponieważ nie posiada on jąder i innych organelli komórkowych. Dlatego musi „przejąć” komórkę posiadającą te zdolności i wykorzystać ją dla własnych celów. Limfocyty T zwalczają wirusy bezpośrednio, limfocyty B wytwarzają natomiast przeciwciała, obecne w organizmie i mogące uaktywnić się w chwili, gdy pojawi się znany im typ wirusa (więcej informacji na ten temat znajdziesz w sekcji „Odpowiedź odpornościowa swoista” niżej).



Kiedy wirus zaczyna atakować Twoje komórki, Twój system odpornościowy zaczyna Cię chronić. Jego działanie wygląda następująco:

1. Twoje naczynia limfatyczne zaczynają wytwarzać limfocyty B i T.
2. Limfocyty T, które znajdują się w Twoich naczyniach limfatycznych, zaczynają atakować komórki opanowane przez wirusa (co wywołuje ogólne osłabienie).
3. Limfocyty B wytwarzają *przeciwciała* zwalczające poszczególne *antygeny* (obecne komórki, takie jak np. wirusy) atakujące Twoje ciało (patrz sekcja „Obrona zdrowia przed napaścią” niżej). Niektóre przeciwciała pozostają w organizmie przez krótki czas, niektóre przez kilka lat, a jeszcze inne przez resztę życia. Za każdym razem, kiedy pojawi się w nim znany im wirus, rozpoznają go one jako wroga i niszczą, zanim zacznie się on rozprzestrzeniać. To właśnie przeciwciała sprawiają, że nie możesz zachorować na ospę wietrzną po uprzednim jej przejściu, a także nigdy nie zapadasz dwa razy na ten sam rodzaj przeziębienia.

Śledziona

Śledziona znajduje się w lewej górnej części jamy brzuszno-miednicznej (patrz rozdziały 1. – 5.) tuż poniżej przepony. Jej zadaniem jest przechowywanie komórek układu odpornościowego. Pod względem budowy przypomina ona węzeł chłonny, gdyż składa się z tkanki łącznej i podzielona jest na płatki zawierające miazgę czerwoną i białą.

- ✓ **Miazga czerwona:** zawiera czerwone i białe krwinki (w tym limfocyty i makrofagi).
- ✓ **Miazga biała:** zawiera wyłącznie limfocyty i makrofagi, brak w niej czerwonych krwinek.

Ofiary wirusów

Kiedy zapadasz na ospę wietrzną, oznacza to, że wraz z kropelkami wody (pochodzącymi z powietrza wydychanego przez osobę kaszlącą lub kichającą w Twojej obecności) do Twojego organizmu dostały się wirusy wywołujące tę chorobę. Aby przeżyć, wirus wnika do komórek Twojego ciała i zmienia ich działanie, tak aby produkowały one jego kopie. Im więcej komórek zagarnia w ten sposób, tym gorzej się czujesz, ponieważ tlen i składniki odżywcze zasilające komórki są zużywane na namnażanie

się wirusów. Ospie wietrznej towarzyszą objawy grypowe, gorączka, grudkowate zaczerwienienia i ostry świąd. Należy jednak pamiętać, że są to w rzeczywistości oznaki podejmowanej przez Twój organizm walki z zakażeniem. Katar na przykład jest wynikiem nadprodukcji śluzu w jamie nosowej, mającej oczyścić ją ze znajdujących się tam szkodliwych drobnoustrojów, zaś wzrost temperatury ma na celu stworzenie warunków nieodpowiednich dla namnażania się wirusa.

Limfocyty i makrofagi to komórki układu odpornościowego, które pomagają w oczyszczaniu krwi poprzez usuwanie drobnoustrojów i innych ciał obcych.

Podobnie jak węzły chłonne filtrują limfę w celu pozbycia się zanieczyszczeń, tak śledziona filtruje krew. Chociaż możliwe jest usunięcie tego organu bez zagrożenia dla życia pacjenta, jego brak obniża odporność na infekcje, ponieważ w organizmie brakuje limfocytów i makrofagów wyłapujących drobnoustroje.

Śledziona przechowuje również pewną ilość krwi, a następnie, kiedy konieczne jest zwiększenie jej objętości w krwiobieg (np. w chwilach spadku ciśnienia lub gdy organizm potrzebuje większej ilości tlenu) wydziela ją na zewnątrz.

Grasica i limfocyty



Nazwa limfocytów T pochodzi od łacińskiej nazwy grasicy (łac. *thymus*), gruczołu leżącego nad sercem, tuż za mostkiem i otaczającego tchawicę. Narząd ten ma największe rozmiary u dzieci i zmniejsza się wraz z wiekiem. U dorosłych grasica jest mała, lecz pełni ważną funkcję w organizmie, wytwarzając *tymozynę*, hormon stymulujący dojrzewanie i różnicowanie się limfocytów T (więcej informacji o hormonach znajdziesz w rozdziale 8.).

Kiedy limfocyty tworzą się w korze węzła chłonnego, są „zwykłymi” limfocytami, które później przekształcają się w typ B i T (patrz „Jak pokochać swój układ limfatyczny” wcześniej). Przed różnicowaniem młode limfocyty kontaktują się z innymi komórkami ciała, co pełni rolę swego „doboru”. Jeżeli limfocyt zaatakuję komórkę organizmu macierzystego, zostaje zniszczony, jeżeli natomiast wykazuje skłonności do niszczenia ciał obcych, może rozwinąć się w dojrzały limfocyt T i przenieść się do *rdzenia* węzła chłonnego. Tam limfocyty T dzielą się dodatkowo, przyjmując funkcję pomocniczą,

regulującą lub cytotoksyczną (niszczenia komórek). Pozostałe, czyli te, które nie atakują komórek własnego organizmu ani nie wykazują skłonności do niszczenia organizmów obcych, przekształcają się w limfocyty B, których zadaniem jest produkcja przeciwciał.

Polowanie i atak: komórki systemu odpornościowego

Do komórek układu odpornościowego zaliczają się białe krwinki obecne w całym układzie krwionośnym. Jak zatem widać, ten pierwszy jest ściśle powiązany z krwiobiegiem, ale na tym jego lista połączeń się nie kończy, gdyż komórki układu odpornościowego można znaleźć również w kościach.

Wszystkie krwinki, tak białe, jak i czerwone, tworzone są w czerwonym szpiku kostnym, który znajduje się w nasadach kości długich, takich jak kość biodrowa, kość ramienna czy żebra, ale także w kościach czaszki, miednicy, kręgach, obojczykach i mostku.

W szpiku czerwonym znajdują się wyspecjalizowane komórki, noszące nazwę *siateczkowatych*, które wytwarzają włókna tkanki łącznej oraz *multipotentne komórki macierzyste*. Z tych powstać mogą różne dojrzałe komórki, np. czerwone krwinki, płytki krwi czy jeden z pięciu rodzajów krwinek białych (patrz tabela 13.1.). Zarówno komórki siateczkowate, jak i multipotentne komórki macierzyste wyściełają naczynia krwionośne biegnące w kanałach Haversa umiejscowionych w kościach (patrz rozdział 4.). Gdy komórki macierzyste zmieniają się w krwinki, przechodzą za pośrednictwem żył do układu krwionośnego.

Komórki ustawicznie rosną i dzielą się. Kiedy multipotentna komórka macierzysta ulega podziałowi, powstaje z niej *szpikowa* i *limfatyczna komórka macierzysta*. Komórki szpikowe mogą dojrzewać i rosnąć, przyjmując jedną z trzech możliwych form:

- ✓ **Erytroblasty:** dojrzewają, zmieniając się w erytrocyty (czerwone krwinki).
 - ✓ **Megakarioblasty:** dojrzewając, przechodzą w *megakariocyty*, które następnie rozpadają się na *trombocyty* (płytki krwi).
 - ✓ **Mieloblasty:** dojrzewają do postaci jednego z czterech rodzajów białych krwinek (leukocytów): bazofili, neutrofilii, eozynofili lub monocytów.
- Bazofile, neutrofile i eozynofile nazywane są *granulocytami*, gdyż mają w swojej cytoplazmie charakterystyczne ciemne granulki. Monocyty również je posiadają, ale są one mniej widoczne, dlatego komórki te określa się mianem *agranulocytów* (odmiana leukocytów).



Tabela 13.1. Komórki układu odpornościowego

Typ komórek	Miejsce pochodzenia	Opis
Granulocyty		
Bazofile	Mieloblasty: powstają ze szpikowych komórek macierzystych w czerwonym szpiku kostnym.	Uwalniają histaminę. Tworzą około 1% wszystkich białych krwinek.
Eozynofile	Mieloblasty: powstają ze szpikowych komórek macierzystych w czerwonym szpiku kostnym.	Fagocytują (pożerają) grupy antygenów i przeciwciał, a następnie rozkładają je. Tworzą 1 – 4% wszystkich białych krwinek.
Neutrofile	Mieloblasty: powstają ze szpikowych komórek macierzystych w czerwonym szpiku kostnym.	Fagocytują napotkane bakterie, przemieszczając się w układzie krwionośnym i innych częściach ciała. Tworzą 40 – 70% wszystkich białych krwinek.
Agranulocyty		
Monocyty	Mieloblasty: powstają ze szpikowych komórek macierzystych w czerwonym szpiku kostnym.	Rozwijają się w makrofagi, które fagocytują bakterie i wirusy. Tworzą 4 – 8% wszystkich białych krwinek.
Limfocyty B	Limfatyczne komórki macierzyste: powstają z multipotentnych komórek macierzystych w czerwonym szpiku kostnym.	Wytwarzają przeciwciała. Limfocyty B i T tworzą łącznie 20 – 45% wszystkich białych krwinek.
Limfocyty T	Limfatyczne komórki macierzyste: powstają z multipotentnych komórek macierzystych w czerwonym szpiku kostnym. Dojrzewają w grasicy przy udziale neuroprekaznika — tyrozyny.	Niszczą komórki zawierające wirusy. Limfocyty B i T tworzą łącznie 20 – 45% wszystkich białych krwinek.

Limfocyty B i T także są agranulocytami, ale powstają one nie ze szpikowych, lecz z limfatycznych komórek macierzystych. Komórki typu B opuszczają szpik kostny jako pełnowartościowe limfocyty, zaś komórki typu T muszą najpierw udać się do grasicy, gdzie ulegają przemianie w funkcyjne komórki układu odpornościowego (patrz „Grasica i limfocyty” wcześniej).

Zapalenie to gruba sprawa



Jeśli kiedyś wbiła Ci się w skórę drzazga, musiałeś zauważyć, że wokół niej pojawił się czerwony i bolesny obrzęk, stanowiący *reakcję zapalną*. Ból ma za zadanie zwrócić uwagę na uszkodzone miejsce, aby możliwe było podjęcie odpowiednich działań, czyli usunięcie obcego ciała i zdezynfekowanie rany.

Jako że naczynia włosowate występują prawie wszędzie, uszkodzenie tkanki zwykle pociąga za sobą przerwanie pewnej ich liczby. Wywołuje to uwolnienie *histaminy*, substancji wytwarzanej we wszystkich komórkach ciała (środki przeciwhistaminowe zwalniają proces jej produkcji, co gra kluczową rolę w powstrzymywaniu reakcji alergicznych). Histamina powoduje rozszerzenie się naczyń włosowatych, przez co okolice uszkodzenia są zaczerwienione. Działanie to służy doprowadzeniu w miejsce urazu większej ilości krwi, a co za tym idzie, większej liczby białych krwinek, zdolnych usunąć drobnoustroje znajdujące się na wbitym w skórę kawałku drewna.

Uwolnieniu histaminy towarzyszy wydzielanie się *bradykininy*, która odpowiada za wysyłanie do mózgu informacji o bólu. Dodatkowo zwiększa ona przepuszczalność naczyń krwionośnych (włosowatych), a napływająca do rany dodatkowa ilość płynu tkankowego wywołuje obrzęk i zwiększa liczbę obecnych w miejscu zranienia komórek układu odpornościowego. Nadmiar płynu tkankowego zostaje wchłonięty do układu limfatycznego i przefiltrowany w węzłach chłonnych. Neutrofile i monocyty (patrz tabela 13.1.) zwykle są pierwszymi komórkami podejmującymi walkę z obcymi drobnoustrojami.

Na kłopoty — neutrofile!

Podobnie jak służby porządkowe, neutrofile pochłaniają bakterie w procesie fagocytozy (gr. *fago* — jeść, *cyto* — komórka). Po wchłonięciu otaczają je wakuolami (patrz rozdział 3.), które wypełniają rozkładającymi je enzymami (więcej informacji na temat enzymów znajdziesz w rozdziałach 1. i 11.). Granulki znajdujące się w neutrofilach służą wzbudzeniu reakcji enzymatycznej.

Monocyty dobrze walczą

Monocyty wyrastają na wielkie „potwory komórkowe” noszące nazwę *makrofagów*, których zadaniem jest poszukiwanie i pożeranie drobnoustrojów. Kiedy zakażenie ulega nasileniu, inicjują one też produkcję dodatkowych białych krwinek. Dlatego zwiększająca się ilość leukocytów jest dobrą oznaką podczas infekcji.

Obrona zdrowia przed napaścią

Nawet gdy jesteśmy zdrowi, w naszych organizmach toczy się ciągła walka pomiędzy układem odpornościowym a mikroorganizmami znajdującymi się w naszym krwiobiegu i tkankach. Kiedy zapadniesz na jakąś chorobę, wojna



Skąd się bierze ropa?

Widok ropiejącej rany zwykle wywołuje nie-smak, lecz w rzeczywistości ropa jest bardzo pożyteczna. Stanowi ona bowiem kolejny produkt układu odpornościowego wykorzystywany do zwalczania infekcji.

Zawiera ona neutrofile, które giną po procesie fagocytozy bakterii, martwych komórek i tkanek oraz białych krwinek. Wszystkie te substancje tworzą gęsty, biało-żółty płyn, wywołujący w nas takie znieśmaczenie. Mimo to ropienie jest oznaką tego, że Twój organizm cały czas skutecznie walczy z zakażeniem.

ta przybiera na sile i konieczne jest zastosowanie środków większego kalibru, takich jak różnego rodzaju białka. Jedną z ich grup wykorzystywaną do obrony organizmu stanowi tzw. *układ dopełniacza*.

Układ dopełniacza

Układ dopełniacza jest dość złożony, ale skrótkowo rzecz ujmując, działa on na zasadzie reakcji łańcuchowej. Kiedy jeden z jego białkowych elementów ulega pobudzeniu, wywołuje to aktywację następnego itd. Ciąg zdarzeń następujących po sobie w układzie dopełniacza rozpoczyna się od wykrycia w ciele obcych mikroorganizmów. Na sam układ składają się zaś różne rodzaje białek.

- ✓ Niektóre białka układu dopełniacza aktywowane są w celu produkcji dodatkowych białek, służących do perforowania błony komórkowej drobnoustrojów.
- ✓ Inne białka układu dopełniacza wyzwalać substancje sygnalizujące istnienie stanu zapalnego i dające znak do rozpoczęcia fagocytozy.
- ✓ Jeszcze inne z tych białek wiążą się z drobnoustrojami pokrytymi przez przeciwciała. W ten sposób „oznaczają” one bakterie i wirusy jako przeznaczone do zniszczenia, gdyż komórki fagocytyczne przyciągane są do tych właśnie białek, a co za tym idzie, także do naznaczonych nimi drobnoustrojów.

Innymi metodami obrony organizmu są: *odpowiedź odpornościowa swoista* i *odpowiedź odpornościowa komórkowa*.

Odpowiedź odpornościowa swoista

Odpowiedź odpornościowa swoista to metoda obrony organizmu polegająca na wykorzystaniu przeciwciał produkowanych przez limfocyty B.



Antygen to każda komórka lub białko, które przez Twój organizm traktowane jest jako ciało pochodzące z zewnątrz, które musi zostać zwalczone. Wszystkie komórki, które nie zostały wytworzone w danym organizmie, są przez niego traktowane jako ciała *obce*.

Antygenami mogą być:

- ✓ białka znajdujące się na błonie komórkowej otaczającej bakterie i wirusy,
- ✓ fragmenty obcych komórek,
- ✓ komórki nowotworowe.

Limfocyty B wytwarzają przeciwciała, czyli kuliste białka znane też jako immunoglobuliny. Łączą się one z antygenami, tworząc kompleksy antygenowo-przeciwciałowe (patrz sekcja „Jak pokochać swój układ limfatyczny” wcześniej). Połączenie takie sprawia, że antygen przestaje być aktywny, co uniemożliwia mu przejmowanie kontroli nad komórkami. Przeciwciało wysyła też w kierunku napotkanego antygeny inne immunoglobuliny, które docierają na miejsce za pośrednictwem krwi, limfy i śluzu.

Kompleks antygen – przeciwciało aktywuje także komórki układu odpornościowego, zwłaszcza neutrofile i monocyty, które przekształcają się w żarłoczne makrofagi. Komórki te pojawiają się w miejscu zakażenia i pochłaniają antygeny. Ewentualnie uaktywnieniu może ulec układ dopełniacza, sprawiając, że białka dopełniające przyciągną do siebie fagocytujące komórki (makrofagi rozkładające antygeny). Aby zapobiec dalszemu rozwojowi choroby, przeciwciała „nasycają” komórki tkanki w całym ciele, podczas gdy układ odpornościowy stara się zwalczyć drobnoustroje chorobotwórcze.

Za każdym razem, gdy organizm spotyka się z nowym antygenem, limfocyty B wytwarzają przeciwciała specyficzne dla tego konkretnego antygeny. Ich powierzchnia pokryta jest receptorami, które odpowiadają mu dokładnie i są w stanie go rozpoznać, gdy pojawi się on ponownie. Im więcej antygenów znajdzie się w Twoim organizmie, tym więcej receptorów rozwinie się w limfocytach B, zwiększając jego odporność na kolejne czynniki.

Chociaż Twój organizm może wytworzyć w czasie całego życia miliony różnych przeciwciał, są one na ogół dzielone na pięć podstawowych klas, do których należą przeciwciała posiadające pewne cechy wspólne. Każda z tych klas ma jednak *region zmienny*, co umożliwia istnienie bardzo wielu

odrębnych gatunków przeciwciał, odpowiedzialnych za zwalczanie wielu konkretnych chorób. Pamiętaj, że przeciwciała określa się mianem immunoglobulin, czasem skracanym do „Ig”.

- ✓ **IgA:** klasa przeciwciał, która zwalcza toksyny produkowane przez bakterie i jest w stanie atakować niektóre drobnoustroje. Przeciwciała IgA znajdują się w wydzielinach (np. w mleku i ślinie). Chronią one jamy ciała.
- ✓ **IgD:** receptory limfocytów B. Znajdują się głównie we krwi i w limfie.
- ✓ **IgE:** przeciwciała odpowiedzialne za reakcje alergiczne i występujące w pasożytach, takich jak glista ludzka. Znajdują się w błonie komórkowej bazofili, które obecne są we krwi, oraz w komórkach tłuszczowych różnych tkanek.
- ✓ **IgG:** najpopularniejszy rodzaj przeciwciał spotykany we krwi i limfie. Atakuje bezpośrednio drobnoustroje i toksyny wydzielane przez bakterie, a następnie rozpoczyna fagocytozę. Przeciwciała IgG są najskuteczniejsze w zwalczaniu drobnoustrojów pojawiających się w organizmie po raz drugi (reakcja wtórna), dlatego też stanowią dobry wskaźnik sprawności Twojego układu odpornościowego i jego zdolności przeciwstawiania się określonym chorobom.
- ✓ **IgM:** największe przeciwciała przenoszone przez krew i limfę. Pojawiają się jako pierwsze w miejscu infekcji (reakcja pierwotna). Są odpowiedzialne za aktywowanie układu dopełniacza.

Odpornościowa odpowiedź komórkowa

Odpornościowa odpowiedź komórkowa to inny sposób obrony organizmu, w którym do walki z drobnoustrojami, zamiast przeciwciał, wykorzystywane są limfocyty T.



Doskonałe dopasowanie

Zabójcze limfocyty T atakują przeszczepiony narząd, jeżeli jego główne białka (*białka głównego układu zgodności tkankowej* — *MHC*) zostaną uznane za komórki obce. Dlatego też, aby przeszczep nie został odrzucony, tkanki dawcy i biorcy muszą być do siebie podobne pod

względem rodzaju tych białek. Zgodność ta jest bardzo ważna, gdyż w przypadku jej braku wszczepiony organ zostanie uznany za ciało obce, a następnie zaatakowany przez układ odpornościowy biorcy.

Limfocyty B wytwarzają przeciwciała, ale nie są one jedynymi komórkami odgrywającymi tak ważną rolę w ochronie naszego organizmu. Bardzo potrzebne są również powstające w węzłach chłonnych, a następnie dojrzewające w grasicy limfocyty T. To właśnie na nich spoczywa główny ciężar walki z drobnoustrojami, którym uda się przeniknąć przez podstawowe linie obrony ciała, takie jak skórę czy śluz. Porównując komórki typu B i T do żołnierzy walczących w obronie Twojego organizmu, można powiedzieć, że limfocyty T stanowią trzon sił zwalczających dowolną infekcję, podczas gdy limfocyty B są strażnikami wyszukującymi znanych już sobie przeciwników.

Limfocyty T ulegają aktywacji, w chwili gdy makrofag lub komórka Lagerhansa (znajdująca się w skórze) wskażą im antygeny atakującego drobnoustroju. Nosi to nazwę *prezentacji* i pomaga określić, w który z dwóch typów komórki powinien zmienić się limfocyt T.

- ✓ **Pomocnicze limfocyty T.** Wzmacniają one działanie układu odpornościowego. Wydzielają białka stymulujące limfocyty B do produkowania przeciwciał, które z kolei aktywują komórki do podjęcia działań przeciwko szkodliwym drobnoustrojom.
- ✓ **Cytotoksyczne limfocyty T.** Kiedy komórki trafią w krwiobiegu na antygen, niszczą go natychmiast, wydzielając substancje chemiczne rozkładające jego błonę komórkową, co powoduje rozlanie się całej zawartości drobnoustroju na zewnątrz i jego śmierć.

Komórki cytotoksyczne zabijają także każdą komórkę zawierającą wirusy (stąd ich ilość jest wprost proporcjonalna do Twojej odporności na te ostatnie) oraz atakują nowotwory, gdyż komórki noszące oznaki zmian rakotwórczych nie są zwykle uznawane za własne.

Zmiany o charakterze nowotworowym mogą być wywoływane w komórkach przez mutacje, jednakże dobrze rozwinięte limfocyty T dość sprawnie radzą sobie z eliminowaniem komórek mających skłonności do podlegania im. Problemy nowotworowe zaczynają się na ogół wtedy, gdy anormalne komórki mnożą się szybciej niż limfocyty T, przez co organizm nie jest w stanie eliminować ich w dostatecznie szybkim tempie.



Limfocyty T odgrywają niezmiernie ważną rolę w Twoim organizmie. Jeśli drobnoustroje przedostaną się przez warstwę skóry i śluzu, to właśnie na komórkach T spoczywa odpowiedzialność za ochronę zdrowia. Walczą one z **każdym** intruzem, podczas gdy limfocyty B strzegą organizmu głównie przed inwazją znanych sobie bakterii oraz wirusów. Kiedy limfocyt typu T napotka na swej drodze antygen, pozwala, aby znajdujące się na jego powierzchni białka zetknęły się z intruzem. Noszą one nazwę *białek głównego układu zgodności tkankowej* (MHC) (więcej informacji na ich temat znajdziesz w ramce „Doskonałe dopasowanie” powyżej).

Rozwijanie odporności

Badania i technika medyczna pozwoliły na poprawę ludzkiej odporności. Dzięki nowoczesnym produktom, często uzyskiwanym za sprawą badań na zwierzętach, dysponujemy dziś *szczepionkami*, dzięki którym ludzkie organizmy mogą bronić się przed wieloma nieprzyjemnymi chorobami. Przed wynalezieniem szczepień jedynym sposobem na uzyskanie odporności było zapadnięcie na daną chorobę i skuteczne wyjście z niej. Niestety, ten ostatni warunek nie zawsze był spełniany i wielu ludzi umierało, nie zdążywszy wytworzyć przeciwciał.

Szczepionki

Szczepionka to nie tylko zastrzyk. Najważniejszym jej składnikiem są substancje uznawane za antygeny, czyli martwe drobnoustroje, materiał pobrany z żywych bakterii i wirusów chorobotwórczych czy też konkretne białka rozpoznawane przez organizm jako obce. Szczepionki są zwykle podawane doustnie, donosowo lub w zastrzykach. W tym ostatnim przypadku *szczepienia* wykonywane są zwykle domięśniowo lub podskórnie.



Aby szczepionka była skuteczna, naukowcy muszą uzyskać wirusy niezdolne do wywołania prawdziwej infekcji, ale posiadające wszystkie swoje białka, które mają zostać rozpoznane jako szkodliwe, aby mogły wywoływać w przyszłości odpowiednią reakcję. Wirusy takie noszą nazwę *atenuowanych* czy też *wirusów o obniżonej zjadliwości*. Są one hodowane w szkodliwych dla nich warunkach i z tego powodu tracą zdolność do infekowania, choć ich budowa i skład pozostają niezmiennie.

W niektórych szczepionkach używa się też wirusów martwych, które jednak nie zapewniają takiej skuteczności jak atenuowane. Śmierć wirusa można osiągnąć poprzez poddanie go działaniu wysokiej temperatury lub niektórych środków chemicznych (np. formaldehydu czy fenolu). Martwe wirusy są rozpoznawane przez organizm jako ciała obce, co umożliwia wykształcenie się przeciwciał.



Jako że szczepienia wymagają reakcji układu odpornościowego, czyli aktywnego rozwoju właściwych przeciwciał, uznaje się, że dają one *odporność aktywną*.

Pojedyncze szczepienie zazwyczaj nie zapewnia odporności na całe życie, dlatego też należy je powtarzać co jakiś czas bądź też regularnie uzupełniać je środkami wzmacniającymi działanie szczepionki.



Lekarstwo przeciw ospie

Pierwszym człowiekiem, który wykorzystał wirusy w celu wzmocnienia odporności zdrowych zwierząt, był Edward Jenner, który w roku 1798 opracował szczepionkę przeciwko wirusowi ospy prawdziwej. Dokonał tego, pobierając materiał z wysięku skórny krowy zakażonej ospą krowianką i wstrzykując go ludziom. Dzięki

temu zaszczepieni nabywali odporności na dużo groźniejszą i o wiele bardziej zaraźliwą ospę prawdziwą, która zbierała wówczas spore żniwo. Należy jednak pamiętać, że podawanie żywych wirusów nie działa w przypadku każdej choroby i nie każde zarażenie pozwala wytworzyć naturalną odporność.

Odporność bierna

Każdy człowiek rodzi się wyposażony w mechanizmy odporności biernej. W okresie płodowym otrzymuje on bowiem stosowne przeciwciała od swojej matki za pośrednictwem krwi przepływającej przez pępowinę. Następnie, po urodzeniu, przejmuje kolejną ich część z mlekiem. Po kilku miesiącach mechanizmy te zanikają, a w ich miejsce pojawiają się mechanizmy odporności osobniczej, pozostające już do końca życia.

Co może się stać z układem odpornościowym

Cienka granica dzieląca osoby zdrowe od chorych może zostać przekroczona w chwili, gdy układ odpornościowy zaczyna szwankować. Niektóre jego choroby są widoczne od samego początku, inne natomiast mogą rozwijać się przez długi czas, zanim ich wpływ stanie się zauważalny. Do podstawowych zaburzeń tego typu należą: choroby autoimmunologiczne, alergie i upośledzenia odporności.

Choroby autoimmunologiczne

Cechują się one wadliwym funkcjonowaniem układu odpornościowego, który zaczyna atakować zdrowe komórki własnego ciała. Niektóre bakterie i wirusy wytwarzają toksyny zmieniające działanie limfocytów T, tak aby niszczyły one makrofagi, a nie antygeny znajdujące się w ich wnętrzu. W takiej sytuacji limfocyty T zaczynają postrzegać wszystkie komórki ciała

jako wrogie. Do chorób wywołujących takie zaburzenia zaliczamy m.in.: toczeń rumieniowaty, reumatoidalne zapalenie stawów, stwardnienie rozsiane i miastenię rzekomoporażną.

Toczeń rumieniowaty

Toczeń atakuje tkankę łączną, wywołując symptomy przypominające nieco objawy zapalenia stawów. Istnieją dwie odmiany tej choroby: *toczeń rumieniowaty krążkowy* (DLE), atakujący tkankę łączną skóry, i *toczeń rumieniowaty układowy* (SLE), atakujący tkankę wielu układów wewnętrznych. Jako że ta druga odmiana jest dużo powszechniejsza, skupię się tu na opisie właśnie jej. W przebiegu choroby jej objawy nasilają się w czasie ataków (zwykle na wiosnę i w lecie) i słabną w okresach remisji. SLE dotyka przede wszystkim kobiet. Do typowych przyczyn zachorowania należą m.in.: zakażenie wirusem lub bakteriami z rodziny paciorkowców, ciąża, światło ultrafioletowe, stres i niewłaściwy metabolizm estrogenów.

Osoby cierpiące na SLE odczuwają objawy zbliżone do symptomów grypy oraz ból stawów (*artralgia*). U połowy pacjentów występują też bóle w klatce piersiowej, niskie ciśnienie i częstoskurcz serca. W przypadku uszkodzenia nerwów są to też spazmy, depresja, nerwowość, bóle głowy i wahania nastroju. Często przyczyną śmieci jest u tych pacjentów zakażenie dróg moczowych i choroby nerek. Na razie nie istnieją skuteczne leki przeciwko toczniowi. Leczenie polega najczęściej na podawaniu kortykosteroidów (patrz rozdział 8.), takich jak prednison, oraz leków przeciwdziałających chorobom nerek i naczyń krwionośnych.

Reumatoidalne zapalenie stawów

Wywołane zostaje ono atakiem układu odpornościowego na tkanki chrzęstne i kostne. Podobnie jak inne stany reumatyczne, objawia się zapaleniem stawów, degeneracją oraz ograniczeniem ruchliwości narządów zbudowanych z tkanki łącznej (takich jak stawy i ścięgna). Dodatkowo chorobie tej towarzyszą objawy typowe dla grypy, atrofia tkanek, zniekształcenia stawów i problemy z poruszaniem się. Reumatoidalne zapalenie stawów dotyka na początku przede wszystkim stawów palców, ale może też pojawić się w stawach rąk i nóg (w stawie skokowym, kolanowym, nadgarstkowym i łokciowym).

Sklonności do zapadania na tę chorobę są przekazywane dziedzicznie (w mojej rodzinie również występuje ten problem). Na prawdopodobieństwo zachorowania wpływa też niewłaściwy poziom hormonów. Schorzenie to dotyka przede wszystkim kobiet w wieku 35 – 50 lat. Na razie medycyna nie zna skutecznego leku. We wczesnym stadium najczęściej stosowanym środkiem są immunosupresanty (środki zapobiegające uszkodzaniu i atakowaniu komórek organizmu przez jego własny układ odpornościowy). Ćwiczenia i kinezyterapia mogą przywrócić ruchliwość stawów, lecz w późniejszych stadiach choroby konieczna może się okazać interwencja chirurgiczna polegająca na ponownym ustawieniu kości lub wstawieniu implantów stawów.

Alergie

Alergeny wywołują niewspółmierną do zagrożenia reakcję układu odpornościowego. Reakcja ta najczęściej obejmuje wysypki, bąble, łzawienie czy nagromadzenie śluzu w jamie nosowej i może występować cyklicznie. Niektóre rodzaje tych zaburzeń mogą również pojawiać się o określonych porach roku (jak np. katar sienny), podczas gdy inne przez cały czas (np. alergia na niektóre pokarmy). Nasilenie objawów może ulegać zmianom — niektóre alergie mogą ustępować po pewnym czasie, a inne potrafią pojawić się w późniejszym okresie życia, choć dany czynnik alergiczny nigdy wcześniej nie wywoływał żadnych niepożądanych reakcji.

Alergie inicjowane są przez przeciwciała IgE odpowiedzialne za wydzielanie histaminy (patrz sekcja „Odpowiedź odpornościowa swoista” wcześniej w tym rozdziale). Wywołuje ona obrzęk śluzówki, m.in. w nosie i w gardle, co jest przyczyną braku drożności tego pierwszego i nieprzyjemnego uczucia drapania w tym drugim. Jeżeli w objętej obrzękiem tkance pojawią się bakterie, może dojść do powikłań w rodzaju zapalenia zatok lub ucha środkowego.

Silna reakcja alergiczna powiązana z zaburzeniem oddychania nosi nazwę *anafilaksji*. Może ona doprowadzić do szoku (anafilaktycznego) lub nawet śmierci. Osoby z silnymi alergiami na niektóre rodzaje pożywienia, zwłaszcza na ostrygi lub orzeszki ziemne, mogą czasami przeżywać bardzo nieprzyjemne sytuacje tego typu. Przeciwdziałanie anafilaksji polega na dożylnym podaniu epinefryny. Jeśli obrzęk całkowicie zamyka światło gardła, konieczna jest też tracheotomia (przebicie gardła i ściany tchawicy mające doprowadzić powietrze do płuc. Poważniejszy atak może wywołać także obrzęk oskrzeli, poważnie utrudniający oddychanie. Występujące przy szoku anafilaktycznym kłopoty z oddychaniem oraz arytmia serca mogą doprowadzić do nagłego zgonu, dlatego też w przypadku wystąpienia takiego zaburzenia liczy się przede wszystkim szybkość działania.

HIV i AIDS

AIDS wywoływane jest przez wirusa HIV. Atakuje on pomocnicze limfocyty T, przez co organizm nie jest w stanie bronić się przed nim. Stanowi to klasyczny przykład biologicznego *paragrafu 22*. W miarę upływu czasu układ odpornościowy osoby zainfekowanej wirusem HIV produkuje coraz mniej limfocytów T, stając się coraz mniej wydajnym. Zaburzenie to jest wynikiem ryzykownego zachowania (nieostrożny seks czy używanie narkotyków podawanych dożylnie) lub zdarzenia wystawiającego organizm na działanie wirusa (transfuzja). Wywołany przez niego niedobór limfocytów T zwykle zwiększa ryzyko zapadnięcia na inne choroby, np. zapalenie płuc.

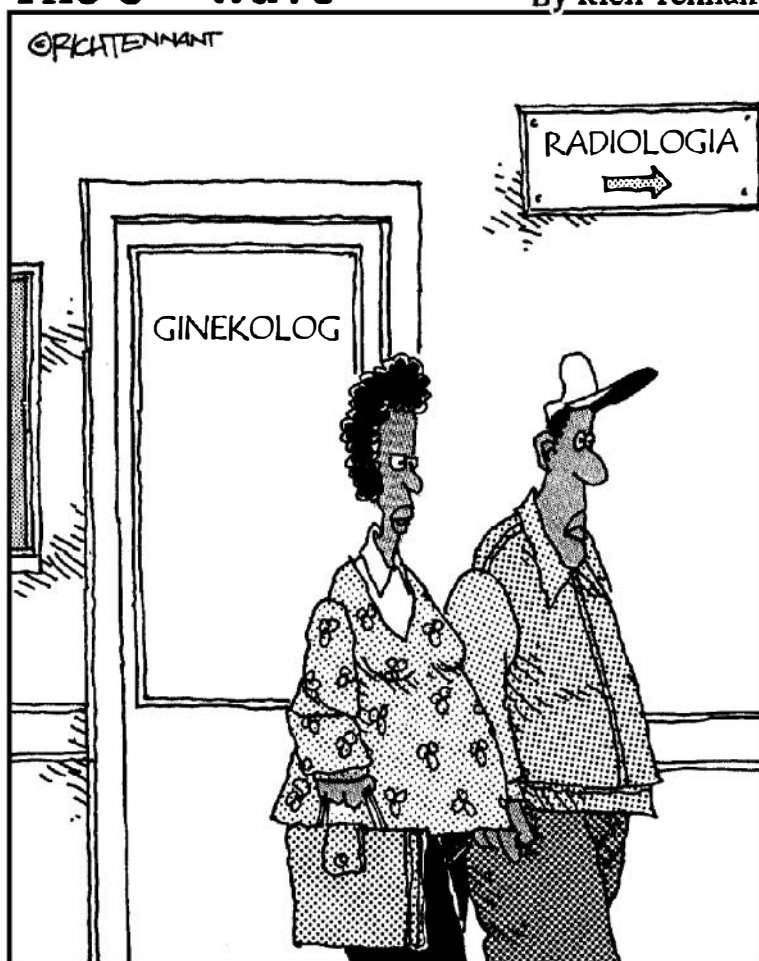
Po upływie pewnego czasu od momentu zakażenia wirusem HIV u nosicieli rozwija się AIDS (zespół nabytego niedoboru odporności). Osoby, u których zakażenie przerodziło się w tę chorobę, często zapadają na różne inne, a także mogą wykazywać zmiany nowotworowe w rodzaju tworzących się mięsaków Kaposiego. Na razie nie istnieje skuteczny środek przeciwko AIDS, zaś leczenie wciąż jest kosztowne i nie wykroczyło jeszcze poza fazę eksperymentalną.

Część IV

Tworzenie nowych organizmów

The 5th Wave

By Rich Tennant



Nie znam się na genetyce, ale opóźnia mi się
poród, a to raczej w twojej rodzinie
wszyscy się wszędzie spóźniają

W tej części...

Ludzie jako jednostki są w stanie przeżyć, nie rozmnażając się, dlatego też informacje na ten temat postanowiłam umieścić w osobnym rozdziale. Cały gatunek ludzki (lub jakikolwiek inny) nie przetrwałby jednak, gdyby poszczególne jednostki się nie rozmnażały, dlatego właśnie instynkt godowy zachował się i wciąż jest silny także wśród ludzi.

W rozdziale 14. znajdziesz dokładny opis ludzkiego układu rozrodczego. Rozdział 15. poświęcony został natomiast informacjom dotyczącym okresu płodowego, sytuacjom towarzyszącym porodowi, a także rozwojowi człowieka w ciągu całego życia.

Rozdział 14

Co za produkcja! To reprodukcja!

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Czym skorupka ma nasiąknąć, by jajo zostało zapłodnione.
 - ▶ Układ rozrodczy mężczyzny i kobiety.
 - ▶ Przybliżenie cyklu miesięczkowego.
 - ▶ Co może się zepsuć w układzie rozrodczym.
-

Reprodukcja jest niezbędna dla przetrwania gatunku ludzkiego, stąd instynkt godowy jest równie silny, jak każdy inny niezbędny do przeżycia. Ludzie to zwierzęta, a każde zwierzę instynktownie wyczuwa, kiedy nadchodzi odpowiedni moment. Byki nie sadzą swoich małych byczków przy stole, aby „poważnie porozmawiać”, i nie mówią im, że w przyszłości znajdą sobie ładną krowę, która da dużo mleka dla ich cielaczków, krowy zaś nie wyjaśniają tego samego swoim jałówkom. Zwierzęta łączą się w pary z najsilniejszymi i najsprawniejszymi przedstawicielami swoich gatunków, nie wiedzą jednak, że zachowania takie pomagają w ich rozwoju. Nie przywiązują też większej wagi do związków. Jedynie ludzie pragną zrozumieć partnerów, z którymi chcą mieć dzieci. Mimo to w niniejszej książce chcę ograniczyć się do opisu budowy i funkcji układów rozrodczych człowieka. Rytuały i zwyczaje godowe zostawię sobie na inną okazję.

Tylko głupiec i kanalia lekceważy genitalia

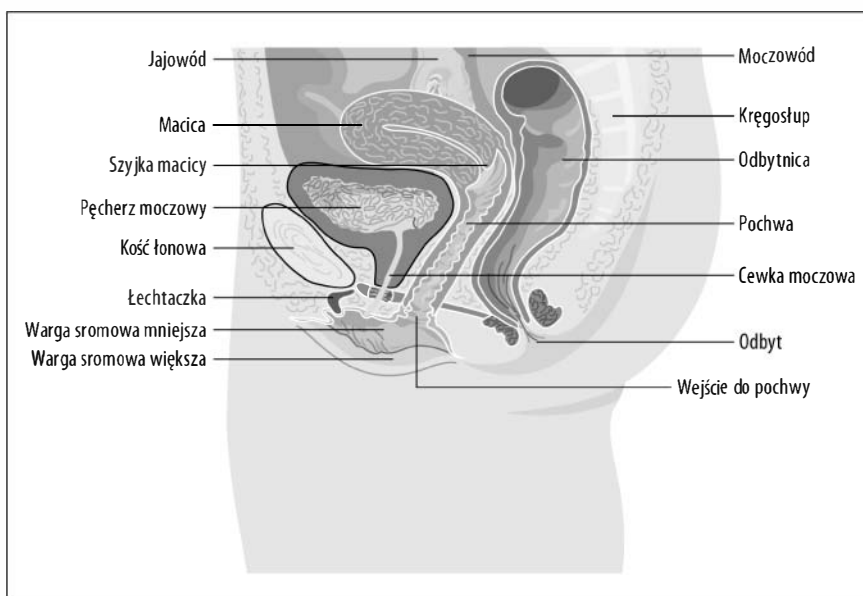
Aby rozmnożyć się, czyli doprowadzić do powstania organizmu potomnego, mężczyzna musi zapłodnić kobietę. Dotyczy to nie tylko ludzi, ale wszystkich pozostałych zwierząt i roślin (tak, u roślin wygląda to tak samo). U wszystkich ssaków (a więc i u ludzi) mężczyzna musi wprowadzić nasienie do organizmu kobiety, gdzie może ono zapłodnić komórkę jajową. Nasienie zawiera

plemniki, czyli męskie komórki rozrodcze (*gamety*). Z kolei gamety żeńskie stanowią wspomniane już wcześniej komórki jajowe. Gamety produkowane są w *gonadach* (pierwotnych narządach rozrodczych), czyli w jądrach (w przypadku mężczyzn) i w jajnikach (w przypadku kobiet).

Genitalia (zewnętrzne narządy płciowe) należą do drugorzędnych cech płciowych i wykorzystywane są do transportu gamet i umożliwiający połączenie się męskiej z żeńską. W przypadku człowieka męskie gamety (plemniki) wprowadzane są do pochwy kobiecej (żeńskiego narządu płciowego) za pośrednictwem penisa (męskiego narządu płciowego).

Kobiety przodem: kobiecy układ rozrodczy

Układ rozrodczy kobiety został przedstawiony na rysunku 14.1. Jego zadaniem jest produkcja komórek jajowych i przenoszenie ich przez jajowody do macicy, gdzie są one zaopatrywane w składniki odżywcze, a po zapłodnieniu mogą rozwijać się do momentu narodzin dziecka (patrz rozdział 15.).



Rysunek 14.1.
Kobiecy układ
rozrodczy

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 1*, Lippincott, Williams & Wilkins, 2002

Do najważniejszych części kobiecego układu rozrodczego należą:

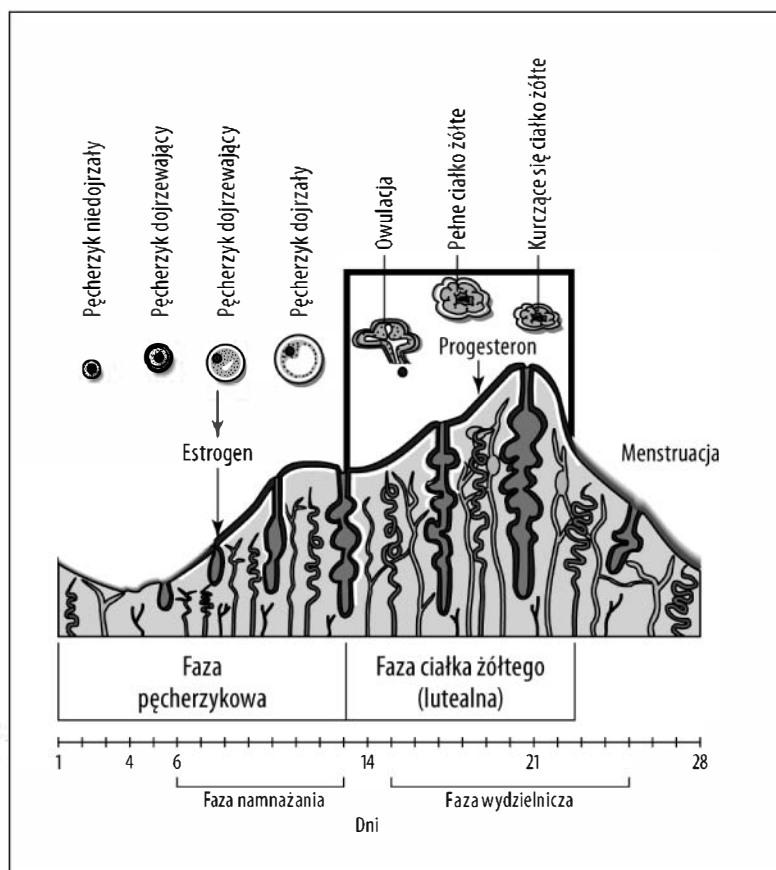
- ✓ **Jajniki:** dwa narządy płciowe, które leżą po obu stronach jamy miednicznej i są odpowiedzialne za produkcję komórek jajowych. Mają zwykle migdałowy kształt i około 5 cm średnicy. Wewnątrz nich znajdują się kilkuwarstwowe pęcherzyki Graafa, otaczające niedojrzałe komórki jajowe noszące nazwę *oocytów*.
- ✓ **Macica:** dobrze umięśniony narząd o kształcie odwróconej gruszki znajdujący się nad pęcherzem moczowym. Łączy się bezpośrednio z dwoma *jajowodami*. Ściany macicy są elastyczne, co umożliwia rozwój płodu. Na ogół ma ona około 5 cm szerokości, ale w okresie ciąży może rozciągnąć się nawet do 30 cm. Wyścięła ją błona śluzowa macicy (*endometrium*), która staje się częścią łóżyska.
- ✓ **Zewnętrzne narządy płciowe:** u kobiet noszą łączną nazwę *sromu*, na który składają się wargi sromowe większe, wargi sromowe mniejsze i łechtaczka.
- ✓ **Pochwa:** wydziela płyny i służy jako kanał, za pomocą którego nasienie może przedostać się do macicy.
- ✓ **Jajowody:** jak sama nazwa wskazuje, służą do przenoszenia żeńskich gamet do macicy.

Żeńskie narządy rozrodcze spoczywają na *więzadle szerokim macicy*, które jest rozległym płatem tkanki podtrzymującym je.

Wszystkie komórki jajowe w organizmie kobiety powstają jeszcze przed jej narodzinami. Oocyty pozostają w jajnikach przez cały okres dziecięcy, a następnie zaczynają dojrzewać i są uwalniane w procesie zwanym *owulacją*. Proces ten zapoczątkowany zostaje, gdy kobieta wchodzi w okres pokwitania, cechujący się poważnymi zmianami w obrębie układu rozrodczego. W przypadku kobiet ma on miejsce około 11. roku życia i trwa zwykle ok. 3 – 5 lat. W tym czasie dochodzi do zwiększenia produkcji *estrogenu* (hormonu płciowego), co związane jest z pojawieniem się owłosienia pachowego i łonowego, powiększeniem i rozwojem piersi, a także z pierwszymi miesiączkami. Estrogen, wraz z kilkoma innymi hormonami, reguluje cykl miesięczkowy (patrz sekcja „Miesiączka bez tajemnic” poniżej). Miesiączka jest oznaką zdolności do zajścia w ciążę i urodzenia dziecka (patrz „Ciąża” niżej).

Menstruacja bez tajemnic

Menstruacja, powszechnie zwana okresem, to fragment *cyklu menstruacyjnego* (patrz rysunek 14.2.), w którym pojawia się krwawienie. Trwa ona około pięciu dni, a więc stanowi jedynie część tego cyklu, który w większości



Rysunek 14.2.
Cykl menstruacyjny

Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 3*, Lippincott, Williams & Wilkins, 2002

przypadków liczy 28 dni. Składa się on z *okresu jajczkowania* (*cykl jajnikowy*) i *cyklu macicznego*, które następują po sobie, a ich zadaniem jest przygotowanie jaja i macicy do zapłodnienia. Menstruacja rozpoczyna się, gdy spada poziom estrogeny i progesteronu, choć cały cykl jest uzależniony także od innych hormonów.

Cykl jajczkowania

Cykl jajczkowania stanowi najważniejszą część cyklu menstruacyjnego, ponieważ jest on odpowiedzialny za wytworzenie hormonów kontrolujących cykl maciczny (patrz „Cykl maciczny” niżej). Przez *pierwszych 13 dni* (z 28 dni cyklu) dojrzewanie oocytu w pęcherzykach jajnika jest stymulowane przez hormon, który nosi nazwę *hormonu folikulotropowego* (FSH) i jest wydzielany przez przedni płąt przysadki mózgowej (patrz rozdział 8.).

PMS: wymysł czy fakt?

Prawdę mówiąc, jedno i drugie. *Zespół napięcia przedmiesiączkowego* (PMS) to termin odnoszący się do wahań nastroju, nerwowości, zmęczenia, zmian apetytu oraz obrzmień i bólów pojawiających się przed menstruacją. Część kobiet nigdy nie przeżywa takich zmian, u niektórych pojawiają się one w dość łagodnej formie, a w przypadku innych... cóż, bardzo łatwo jest stwierdzić, że akurat przechodzą okres.

Co jednak reguluje przebieg cyklu? Hormony. A co kontroluje wydzielanie hormonów? Oczywiście podwzgórze i przysadka mózgowa. To pierwsze ocenia poziom hormonów, takich jak estrogen, progesteron, FSH czy LH, i „mówi” przysadce, kiedy powinna je wydzielać. Tak więc, chociaż menstruacja zachodzi w układzie rozrodczym, jest ona kierowana przez centralny układ nerwowy.

FSH wydzielany jest w chwili, gdy podwzgórze (stanowiące część mózgu i opisane w rozdziale 8.) wykrywa w organizmie zbyt mały poziom estrogenu. Oznacza to dla niego, że do rozwoju pęcherzyka konieczne jest wydzielenie FSH. Kiedy ten ukształtuje się już wystarczająco, podwzgórze wysyła sygnał do przysadki, aby przestała wydzielać hormon. Gdy to nastąpi, dojrzały pęcherzyk może zostać uwolniony z jajnika, co następuje w 14. dniu cyklu.

W chwili owulacji przednia część przysadki (wydzielająca FSH i LH, czyli *hormon luteinizujący*) wywołuje gwałtowny wzrost wydzielania LH, co sprawia, że pęcherzyk, z którego uwolniła się komórka jajowa, staje się *ciałkiem żółtym*. Ciało to uwalnia *progesteron* aktywizujący podwzgórze. To, po wydzieleniu się odpowiedniej ilości tego hormonu, wysyła do przedniej części przysadki sygnał mający zatrzymać produkcję LH. Od tego momentu (od mniej więcej 17. dnia cyklu) ciało żółte zaczyna się kurczyć. Kiedy całkiem zaniknie (około 26. dnia), progesteron i estrogen osiągają najniższy poziom (co czasami wywołuje zespół napięcia przedmiesiączkowego (około 27. dnia).

Podobnie jak w każdym cyklu, po jego zakończeniu cały proces zaczyna się od nowa. Niski poziom estrogenu w czasie menstruacji zostaje wykryty przez podwzgórze, które w reakcji na to wydziela *gonadoliberynę* (GnRH), czyli hormon stymulujący przedni płąt przysadki mózgowej do wydzielenia FSH. To pozwala kolejnemu pęcherzykowi przekształcić się w oocyt, który będzie wydzielał estrogen. I tak powracamy do zjawisk opisanych w pierwszych zdaniach tej sekcji.

Cykl maciczny

Cykl maciczny także trwa 28 dni. Pokrywa się on z cyklem jajowym, a jego zadaniem jest przygotowanie macicy na ewentualną ciążę.

- ✓ **Dni od 1. do 5.** W pierwszych pięciu dniach cyklu macicznego poziom progesteronu i estrogenu jest najniższy. Na ten czas przypada okres.

Niski poziom hormonów płciowych sprawia, że wyściółka macicy (*endometrium*) zaczyna się złuszczać. Pociąga to za sobą otwarcie naczyń krwionośnych. Tak powstała krew i złuszczone resztki wyściółki macicy przedostają się na zewnątrz przez jej szyjkę i pochwę.

- ✓ **Dni od 6. do 14.** W fazie *namnażania* poziom estrogenu jest najwyższy (wydzielają go rozwinięte pęcherzyki). Pozwala on na regenerację wyściółki macicy. Tkanki jej wnętrza oraz gruczoły w jej ścianach rosną i są lepiej zaopatrzone w krew. Wszystkie te zmiany mają na celu poprawienie zdolności do odżywienia embrionu i podtrzymania ciąży, w razie gdyby oocyt uwolniony 14 dnia cyklu został zapłodniony i zagnieździł się w ścianie macicy (patrz „Ciąża” niżej).
- ✓ **Dni od 15. do 28.** W czasie *fazy wydzielniczej (sekrecyjnej)* ciałko żółte uwalnia coraz więcej progesteronu, który wzmacnia i pogrubia *endometrium*, zaś obecne w ścianach macicy gruczoły wydzielają gęsty śluz. W przypadku gdy jajo zostanie zapłodnione, śluz i pogrubiony nabłonek macicy pozwolą je „przechwycić”, aby mogło poprawnie zagnieździć się w jej ścianie. Jeżeli jednak do zapłodnienia nie dojdzie w ciągu 1 – 2 dni, ciałko żółte zacznie się kurczyć, a poziom progesteronu i estrogenu spadnie, wywołując łuszczenie się wyściółki macicy.



We wczesnej fazie ciąży jako źródło progesteronu służy ciałko żółte. Jest tak, dopóki nie uformuje się łożysko zdolne do wytwarzania tego hormonu.



Opuszczenie macicy niewłaściwą stroną

Endometrium to wyściółka macicy złuszcza jąca się w czasie menstruacji. *Endometrioza* to medyczny termin oznaczający sytuację, w której zaczyna ona pokrywać jakikolwiek inny narząd poza macicą. Zwykle zasięg tej patologii ogranicza się do narządów znajdujących się w jamie brzusznej (otrzewnej). W jaki sposób możliwe jest przeniesienie się wyściółki na inne organy? Otóż część tej tkanki może trafić do jajowodu, który jest otwarty w chwili przyjmowania oocytu z jajnika. Ujście jajowodu to wspomniana „niewłaściwa strona”.

Tkanka *endometrialna* jest dość wrażliwa na poziom hormonów w krwiobiegu, niezależnie od tego, czy znajduje się w macicy, czy w innym miejscu. Pod koniec cyklu macicznego, kiedy poziom ten opada, tkanka ulega dezintegracji.

U kobiet zdrowych złuszczenie się wyściółki macicy może być doświadczeniem nieco bolesnym, ale u cierpiących na *endometriozę* ból towarzyszący temu procesowi, przebiegającemu w pęcherzu, jajniku czy jelicie grubym, jest niezwykle silny.

Diagnoza i usunięcie tego stanu możliwe są jedynie na drodze chirurgicznej. Konieczne jest przy tym zahamowanie produkcji estrogenu w celu zatrzymania cyklu macicznego. Możliwe jest to poprzez podanie odpowiednich leków lub usunięcie jajników. Ryzyko *endometriozy* jest wyższe u kobiet, u których cały cykl jest krótki (krótszy niż 27 dni) lub sama menstruacja jest zbyt długa (trwa ponad 7 dni). Przebieg kilku porodów bądź zażywanie doustnych środków antykoncepcyjnych zmniejsza natomiast prawdopodobieństwo wystąpienia tej nieprawidłowości.

Elastyczna pochwa

Pochwa jest elastycznym narządem, w który wchodzi penis w czasie stosunku seksualnego.

Zwykle ma ona od 7,5 do 10 cm długości i z jednej strony posiada wejście, z drugiej zaś przechodzi w szyjkę macicy. Szyjka ta jest dobrze umięśnioną, wąską częścią macicy, która zwykle jest otwarta na tyle, by umożliwić wprowadzenie tam nasienia. W chwili porodu szyjka i pochwa (zwane też *kanalem rodnym*) rozszerzają się na tyle, by umożliwić dziecku przejście. Ściany pochwy są bardzo elastyczne i zbudowane z rozciągliwej tkanki włóknistej, mięśniowej i gąbczastej. W stanie spoczynku pochwa posiada wiele fałd, podobnie jak ściany żołądka, dzięki czemu może w znacznym stopniu się rozszerzać.

Poza przyjmowaniem nasienia i umożliwieniem dziecku opuszczenia ciała matki, pochwa posiada jeszcze jedną funkcję. W czasie podniecenia seksualnego otaczająca ją tkanka gąbczasta wypełnia się krwią. Nacisk rozszerzonych naczyń krwionośnych „wypycha” na zewnątrz płyny, nawilżając wnętrze pochwy i ułatwiając penetrację, a także przejście nasienia z pochwy do szyjki macicy, dzięki czemu może dojść do zapłodnienia.

Co jest na zewnątrz

Mianem *sromu* określa się łącznie zewnętrzne żeńskie narządy płciowe, czyli łechtaczkę, wargi sromowe większe oraz wargi sromowe mniejsze. Wargi to fragmenty ciała otaczające wejście do pochwy, podobnie jak te otaczające usta. Ich zadaniem jest ochrona początkowego odcinka pochwy oraz przykrycie kostnych wyrostków miednicy.

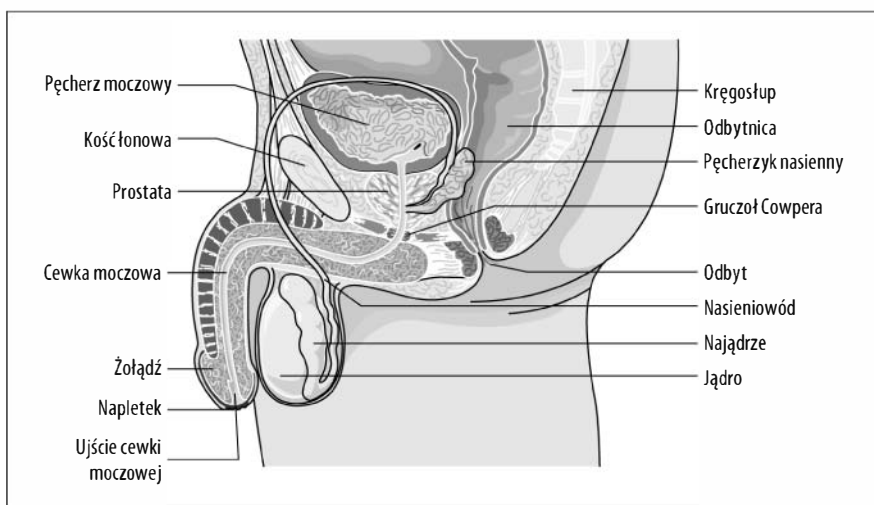
- ✓ **Wargi sromowe większe:** dwa płatki skóry przykrywające wargi mniejsze. Ciągłą się od *wzgórka łonowego* do odbytu. Sam wzgórek zawiera tkankę tłuszczową, która stanowi ochronę kości łonowej. Po osiągnięciu wieku dojrzewania na wzgórku i wargach większych zaczyna pojawiać się owłosienie.
- ✓ **Wargi sromowe mniejsze:** pozbawione włosów płatki skóry leżące pod wargami większymi i przykrywające wejście do pochwy. Biegają one od niego w górę, gdzie łączą się w napletek łechtaczki.
- ✓ **Łechtaczka:** część sromu, która znajduje się nad wejściem do pochwy i ujściem cewki moczowej. Podobnie jak penis, łechtaczka posiada trzon oraz żołądź i także jest niezwykle wrażliwa na stymulację seksualną. Zawiera ona ciała jamiste, które w chwili podniecenia wypełniają się krwią. Jako że tkanka warg mniejszych pokrywa łechtaczkę, w czasie pobudzenia seksualnego także one ulegają zaczerwienieniu.

Stymulacja łechtaczki może prowadzić u kobiet do orgazmu. Chociaż nie występuje u nich wytrysk, doświadczają one w tym momencie narastającego napięcia mięśniowego, po którym następuje gwałtowne rozluźnienie. W czasie orgazmu mięśnie pochwy ulegają skurczom, co pomaga w doprowadzeniu nasienia do macicy.

Męska sprawa: męski układ rozrodczy

Samce są odpowiedzialne za wytwarzanie nasienia, które następnie jest wprowadzane do organizmu kobiety, aby mogło w nim nastąpić zapłodnienie. To biologiczne zobowiązanie dotyczy samców wszystkich zwierząt, u których występuje zapłodnienie wewnętrzne, choć ewolucja gatunku ludzkiego sprawiła, że mężczyźni posiadają także inne zadania związane z pomocą i opieką nad partnerką, a także wychowywaniem potomstwa. Jednakże, z biologicznego punktu widzenia, kwestia rozmnażania nie uległa większym zmianom.

Męski układ rozrodczy (patrz rysunek 14.3.) zawiera jądra, czyli gonady, w których powstaje nasienie, oraz jajowody, którymi dociera ono do penisa. Zewnętrzными narządami płciowymi są penis i moszna. W procesie wytwarzania i przenoszenia nasienia biorą udział także inne przewody i gruczoły (patrz niżej).



Rysunek 14.3.
Budowa męskiego układu rozrodczego, rzut strzałkowy

Źródło: LifeART®, *SuperAnatomy 3*, Lippincott, Williams & Wilkins, 2002

Działanie męskiego układu rozrodczego

Znajdujące się w mosznie *jądra* są gruczołami o jajowatym kształcie wydzielającymi hormony i produkującymi plemniki. Przypominają nieco jajniki, gdyż ich zadaniem jest również produkcja gamet.

Jądra zbudowane są z włóknistej tkanki tworzącej w ich wnętrzu przegrody. W tych z kolei znajdują się *kanaliki nasienne* (ich łączna długość dochodzi do 1,5 metra), w których w procesie *spermatogenezy* (rozwoju i dojrzewania nasienia) powstają *plemniki*. Kanaliki tworzą też najądrza, czyli znajdujące się na każdym z jąder narządy przypominające zwinięte przewody (patrz rozdział 14.3.). Najądrza stanowią „zbiornik” na dojrzewające plemniki i przechodzą w *nasieniowody*, w których zachodzi ostatnia faza ich wzrostu i które łączą najądrza z prąciem.

Ściany kanalików nasiennych wyłożone są tysiącami komórek wytwarzających plemniki, a ponadto zawierają komórki podporowe Sertoliego, których zadaniem jest dostarczanie plemnikom substancji odżywczych i regulacja produkcji gamet.

Spermatogonium przechodzi mitozę (patrz rozdział 2.) i tworzy kolejne pokolenie spermatogoniów, które przesuwać się do światła kanalika, gdzie dojrzewają. Kiedy osiągną odpowiednią wielkość, mówimy o nich jako o *spermato cytach pierwotnych*.

Spermato cytów pierwotnych przechodzą mejozę (patrz rozdział 2.), dzięki czemu każdy nowy spermato cyt po podziale zachowuje tylko połowę chromosomów. Część z nich posiada chromosomy X, a część dysponuje chromosomem Y.



Ludzie posiadają 46 chromosomów, ale połowa z nich (23) pochodzi z komórki jajowej matki, zaś druga połowa — z plemnika ojca. Umożliwia to właśnie mejozytyczny podział spermato cytu.

Zawierające po 23 chromosomy spermato cytów przechodzą kolejny podział komórkowy, tworząc cztery *spermatydy* posiadające po 23 chromosomy. Te, po ukształtowaniu, zmieniają się w *plemniki*, które składają się z główki, wstawki (części środkowej) i *witki*. W jądrze komórkowym główki plemnika znajdują się 23 chromosomy. Pokryta jest ona *akrosomem*, zawierającym enzymy rozkładające osłonkę komórki jajowej i umożliwiające wnikięcie plemnika. W środkowej części męskiej gamety znajdują się mitochondria wytwarzające energię w postaci ATP (patrz rozdział 2.), która jest potrzebna do wprawiania w ruch witki, co pozwala plemnikowi poruszać się.

W odróżnieniu od kobiet, u których produkcja gamet przebiega cyklicznie, proces namnażania plemników toczy się cały czas. Mężczyźni rodzą się, posiadając spermato gonium w kanalikach nasiennych, ale zaczynają one

dojrzewać dopiero w okresie pokwitania, kiedy to podwzgórze wydziela gonadoliberynę i stymuluje przednią część przysadki mózgowej do wydzielania FSH. Owszem, choć mężczyźni nie posiadają pęcherzyków Graafa, nie zmienia to faktu, że ich organizmy produkują ten hormon. Kiedy zaś męski mózg zacznie go wytwarzać, robi to nieprzerwanie.

Organizmy męczyzn produkują też hormon luteinizujący (LH), choć nie wytwarzają z jego pomocą ciałek żółtych. LH działa u nich w sprzężeniu z testosteronem. Ten hormon płciowy produkowany jest w tzw. *komórkach Leydiga*, znajdujących się pomiędzy kanalikami nasiennymi w jądrach. Kiedy poziom testosteronu spada, wydzielany jest LH stymulujący jego produkcję, gdy natomiast osiąga on pożądaną wartość, wydzielanie LH ulega zatrzymaniu.



Testosteron uważany jest za hormon męski, ale jest on wytwarzany w małych ilościach także przez organizmy kobiet. Jego działanie maskowane jest u nich przez wpływ estrogenu, więc uwidacznia się tylko wtedy, gdy produkcja tego ostatniego zaczyna słabnąć — co może zaowocować np. pojawieniem się owłosienia twarzy.

Dojrzałe plemniki mogą żyć w najądrach i nasieniowodach do sześciu tygodni. Jeżeli w okresie tym dochodzi do aktywności seksualnej, trafiają do płynu nasiennego, również wytwarzanego w organizmie. Ten mlecznobiały płyn produkowany jest przez kilka gruczołów wydzielających różne substancje.

1. *Powrózki nasienne*, czyli gruczoły znajdujące się w miejscu, w którym pęcherz łączy się z jajowodami, posiadają kanaliki pozwalające na transport produkowanego przez nie płynu do cewki moczowej.
2. Z płynem tym łączy się wydzielina prostaty, zawierająca przede wszystkim kwas cytrynowy i enzymy zapewniające nasieniu płynność. Prostate otacza cewkę tuż poniżej miejsca, w którym kanał powrózka nasiennego łączy się z pęcherzem.

Kiedy ulega ona powiększeniu, ściska cewkę moczową, utrudniając oddawanie moczu (co czasami bywa bolesne). Powiększenie takie jest spotykane u starszych mężczyzn na tyle często, że może być uznawane za naturalne zjawisko towarzyszące starzeniu się, ale w rzeczywistości zmiany wielkości prostaty nie są czymś naturalnym.

3. Dwa niewielkie *gruczoły Cowpera* znajdują się poniżej prostaty, po obu stronach cewki moczowej. Umieszczone w nich kanaliki prowadzą bezpośrednio do cewki moczowej.

Trzy typy gruczołów: powrózki nasienne, prostata i gruczoły Cowpera, wydzielają płyny, które pełnią kilka istotnych funkcji:

- ✓ mają charakter lekko zasadowy (pH ok. 7,5) odpowiadający optymalnym warunkom funkcjonowania plemników;
- ✓ odżywiają plemniki, dostarczając im fruktozę przetwarzaną w ich mitochondriach w ATP, co umożliwia ruch samych gamet;

- ✓ zawierają *prostaglandyny*, czyli substancje, które wywołują skurcze macicy, co pozwala na wprowadzenie spermy w głąb układu rozrodczego kobiety.

W miarę jak do nasienia dodawane są poszczególne płyny, w układzie rozrodczym mężczyzny rośnie ciśnienie. Kiedy osiągnie ono swój szczyt, nasienie zostaje wyrzucone przez cewkę moczową na zewnątrz. Ruchy perystaltyczne (podobne do tych, które mają miejsce w układzie pokarmowym, patrz rozdział 11.) i rytmiczne skurcze przesuwają je przez nasieniowód i cewkę moczową. Zjawisko wytrysku nasienia nosi nazwę *ejakulacji*, u mężczyzn stanowiącej część orgazmu, podczas którego dochodzi też do kurczenia i rozluźniania się mięśni szkieletowych znajdujących się u nasady prącia. Rytmiczne skurcze sprawiają, że nasienie wyrzucane jest w kilku porcjach.



W czasie jednego wytrysku wytwarzana jest ilość nasienia odpowiadająca mniej więcej jednej łyżeczce do herbaty i zawierająca około 400 mln plemników.

Zewnętrzne narządy układu rozrodczego mężczyzn

Do zewnętrznych męskich narządów płciowych zalicza się mosznę, w której znajdują się jądra, oraz prącie, czyli narząd pozwalający na stosunek seksualny.

Moszna to worek skórny mieszczący jądra. Muszą one być wyprowadzone za zewnątrz organizmu, gdyż nasienie najlepiej rozwija się w temperaturze nieco niższej niż temperatura ciała. W czasie życia płodowego (patrz rozdział 15.) jądra znajdują się w jamie brzusznej i tuż przed narodzinami (bądź wkrótce po nich) zstępują do moszny. Jeżeli tak się nie stanie, dochodzi do sytuacji noszącej nazwę *wnętrostwa*, wymagającej na ogół chirurgicznego sprowadzenia jąder do moszny. W przeciwnym razie plemniki nie mogłyby rozwijać się w nich, co mogłoby stać się przyczyną bezpłodności.

Moszna zawiera gładki mięsień kurczący się w chwili, gdy jej skóra zarejestruje spadek temperatury. Pozwala to na przyciągnięcie jąder do ciała w celu zachowania właściwej temperatury nasienia. Warstwę mięśniową moszny tworzą mięśnie wychodzące z jamy brzusznej, zaś jej skóra łączy się ze skórą pokrywającą podbrzusze i krocze.



Dotknięcie okolic pachwiny zimnym przedmiotem wywołuje skurczenie się moszny. Zjawisko to nosi nazwę *odruchu mięśnia dźwigacza jąder*.

Najważniejszym spośród wszystkich męskich narządów płciowych jest jednak prącie (penis), które stanowi także część układu moczowego. Cewka moczowa jest bowiem kanałem, przez który na zewnątrz wydostaje się i mocz, i nasienie. To ostatnie nie zawiera jednak w sobie moczu, gdyż na krótko przed wytryskiem zwieracz znajdujący się poniżej pęcherza kurczy się, blokując jego przepływ. Jest to konieczne, gdyż mocz jest lekko kwaśny, zaś nasienie powinno mieć odczyn zasadowy.

Prącie składa się z trzonu i znajdującej się na jego szczycie *żołędzi*. Przez całą jego długość biegnie cewka moczowa. *Napletek* okrywa żołędź, choć czasami bywa usuwany niedługo po urodzeniu w trakcie zabiegu noszącego nazwę *obrzezania*.

W chwili podniecenia seksualnego prącie ulega erekcji. W czasie stymulacji seksualnej mózg wysyła za pośrednictwem parasympatycznego układu nerwowego (patrz rozdział 7.) impulsy, które mają na celu rozszerzenie tętnic prowadzących do niego i skurczenie żył. Dzięki temu krew napływa do ciał jamistych w prąciu, ale nie może odpłynąć. Powstałe w ten sposób ciśnienie usztywnia penisa, umożliwiając stosunek.

Impotencja to zjawisko polegające na braku erekcji. Może ono mieć wiele różnych przyczyn, do których zaliczają się uszkodzenia naczyń krwionośnych (czasem w wyniku choroby, takiej jak cukrzyca), czynniki psychologiczne (stres, lęk) czy naruszenie nerwów. Konkretnie metody leczenia impotencji uzależnione są od jej źródeł. Stosuje się m.in. farmakoterapię, operacje chirurgiczne, pomoc psychologiczną czy też mechaniczne urządzenia oraz implanty, pozwalające odzyskać zdolność do erekcji.

Ciąża

Nie należy mylić „zajścia w ciążę” z „zapłodnieniem”, ponieważ są to dwa całkowicie różne zjawiska. Aby mogło dojść do rozpoczęcia ciąży, musi zaistnieć kilka zjawisk:

1. Konieczny jest stosunek seksualny pomiędzy mężczyzną a kobietą, w czasie którego dojdzie do wprowadzenia nasienia z organizmu mężczyzny do pochwy.
2. Przynajmniej jeden plemnik musi dotrzeć z pochwy do szyjki macicy, a następnie do samej macicy i ujścia jajowodu, gdzie znajduje się uwolniona z pęcherzyka komórka jajowa.
3. Plemnik musi rozpuścić błony okrywające komórkę jajową (tzw. *wieniec promienisty* i *oślonkę przejrzystą*), przeniknąć do wnętrza jaja i dotrzeć do jego jądra komórkowego.
4. Plemnik musi też zespolić się z jądrem oocytu, co oznacza połączenie materiału genetycznego mężczyzny i kobiety.

Jeżeli zaistnieje zjawisko opisane w punkcie 4., mówimy, że komórka jajowa została zapłodniona, przy czym należy podkreślić słowo „jeżeli”, gdyż proces ten nie jest automatyczny i niezawodny. Najważniejszą rolę odgrywa czas. Jeśli stosunek i wytrysk będą miały miejsce na długo przed owulacją, plemniki obumrą przed uwolnieniem komórki jajowej (w organizmie kobiety gamety męskie żyją od 12 do 48, a czasami nawet do 72 godzin). Jeżeli natomiast stosunek odbędzie się zbyt późno, to komórka jajowa zdąży obumrzeć, zanim dotrze do niej nasienie, gdyż po owulacji oocyty żyją jedynie od 12 do 24 godzin.

Nawet gdy wszystko nastąpi w odpowiednim czasie, plemniki muszą jeszcze poradzić sobie z nieprzyjaznym dla nich środowiskiem. Płyny występujące w pochwie mają odczyn kwaśny, przez co spora część zasadolubnych plemników ginie, nim zdąży przedostać się do szyjki macicy. Jeżeli akurat nie jest to dzień owulacji, śluz w szyjce może być dość gęsty, co utrudnia przedostanie się nasienia dalej. W dniu jajczkowania ulega on rozcieńczeniu, ułatwiając tym samym zapłodnienie.

Nawet wtedy, gdy warunki oraz czas okażą się odpowiednie i dojdzie do zapłodnienia komórki jajowej, nie oznacza to od razu rozpoczęcia ciąży. Konieczne jest zaistnienie jeszcze kilku innych zjawisk.

Zapłodnione jajo łączy swoje 23 chromosomy z 23 chromosomami plemnika, tworząc komórkę zawierającą 46 chromosomów, która nosi nazwę *zygoty*. Wędrując przez jajowód w stronę macicy, komórka ta przechodzi kilka podziałów. Jeśli uda się jej skutecznie zagnieździć w ścianie macicy, to dopiero wtedy można mówić o rozpoczęciu ciąży i poczęciu. Cały proces, od zapłodnienia do zagnieźdżenia jaja, trwa kilka dni.

Po zagnieźdżeniu się w ścianie macicy (endometrium) zygota zyskuje miano *embrionu*. Aby umożliwić sobie dalszy rozwój, zaczyna on wytwarzać *gonadotropinę kosmówkową* (hCG), hormon zapobiegający menstruacji, czyli złuszczeniu się wyściółki macicy (co pociągnęłoby za sobą jego zniszczenie).

Jeżeli dojdzie do zapłodnienia, ale embriion nie wytworzy hCG, zostanie on usunięty z endometrium w czasie menstruacji. Dochodzi do tego w chwili, w której kobieta nie wie jeszcze, że była w ciąży, i może potraktować to jako zwykły, choć cięższy, okres. Jeśli zdarzy się to po ustaleniu faktu zajścia w ciążę, mówimy o *poronieniu samoistnym*.

Obecność hCG może zostać wykryta w ciągu 10 – 14 dni, licząc od tego, w którym powinna rozpocząć się kolejna menstruacja. Kobieta może w tym czasie odczuwać większą wrażliwość piersi na dotyk i poranne mdłości, które może odbierać jako oznaki ciąży. Testy ciążowe służą właśnie wykrywaniu obecności gonadotropiny kosmówkowej.

Zapobieganie ciąży

Czas odpowiedni do zapłodnienia nie musi być czasem odpowiednim dla kobiety. To, czy dany moment jest właściwy na podjęcie współżycia płciowego, jest kwestią osobistych preferencji, dlatego też ludzie, którzy nie chcą zaisić w ciążę lub nie mają ochoty do niej doprowadzić, stosują różne środki antykoncepcyjne. Oczywiście, najskuteczniejszym sposobem na uniknięcie niechcianej ciąży jest *abstynencja seksualna*, ale unikanie seksu czasami bywa nieprzyjemne. Dlatego właśnie wymyślono stosowne środki.

Dla panów

Prezerwatywy to nakładane na prącie gumowe osłonki, w których zatrzymuje się nasienie, uniemożliwiając jego przejście do pochwy. Mężczyźni mogą także poddać się *podwiązaniu nasieniowodów*, czyli przecięciu i podwiązaniu kanałów wyprowadzających nasienie na zewnątrz. Niektórzy stosują też *stosunek przerywany* polegający na wyciągnięciu prącia z pochwy przed wytryskiem, ale, jako że nasienie jest produkowane i wydzielane na zewnątrz jeszcze przed odczuwalną ejakulacją, metoda ta cechuje się małą skutecznością.

Dla pań

Kobiety dysponują większą ilością dostępnych środków. *Doustne środki antykoncepcyjne* powstrzymują przysadkę mózgową przed wydzielaniem FSH i LH, uniemożliwiając dojrzewanie i uwalnianie oocytów, bez których niemożliwe jest zaiscie w ciążę. Środki te zawierają estrogen, progesteron bądź oba te hormony. W przypadku zatrzymania owulacji nie wydziela się LH, więc przy niskim poziomie estrogenu i progesteronu wciąż dochodzi do menstruacji.

Domięśniowe zastrzyki ze środka o nazwie Depo-Provera także zmieniają poziom hormonów, powstrzymując proces owulacji. Osoby wybierające tę formę antykoncepcji muszą ponawiać zastrzyki co trzy miesiące. Zmiana wydzielania hormonów jest metodą dość skuteczną, ale mimo wszystko nie dającą całkowitej pewności. Dodatkowo częste zażywanie doustnych środków antykoncepcyjnych może być przyczyną powstawania zakrzepów, do możliwych powikłań zastrzyków ze środka Depo-Provera należą zaś nowotwory piersi i osteoporoza.

Pigułki „po stosunku” to środki, które nie tyle zapobiegają zapłodnieniu, co utrudniają zagnieżdżenie się zygoty w ścianie macicy (np. Postinor). Są one przeznaczone dla kobiet, które uprawiają seks, nie korzystając z innych

zabezpieczeń, i dopiero po fakcie orientują się, że być może właśnie przechodzą owulację. Innymi słowy, zostały one stworzone dla osób, które nie chcą mieć dziecka, a jednocześnie nie mają zamiaru przeprowadzać aborcji ani oddawać go do adopcji.

Nie należy mylić tabletek „po stosunku” z lekami wczesnoporonnymi, takimi jak RU-486, których zadaniem jest wywoływanie poronienia już po rozpoczęciu ciąży (czyli po zagnieżdżeniu się zygoty w ścianie macicy). Używanie takich środków często uznawane jest za formę aborcji i zabronione w wielu krajach (w tym w Polsce). Po zażyciu tabletki „po stosunku” kobieta powinna wziąć też dawkę prostaglandyny, wywołującej skurcze macicy mające na celu usunięcie jej zawartości. Stosowanie środków „po stosunku” może wiązać się z powikłaniami, takimi jak krwawienie wymagające pomocy medycznej lub niepełne usunięcie zawartości macicy, wymagające przeprowadzenia mechanicznej aborcji.

Podobnie jak mężczyźni, kobiety także mogą przejść zabieg *podwiązania*, tyle że w ich przypadku dotyczy on jajowodów. Metoda ta zapewnia trwałą bezpłodność, gdyż nie pozwala na właściwe przechodzenie komórek jajowych do macicy.

Środki plemnikobójcze to, jak sama nazwa wskazuje, substancje niszczące plemniki, dostępne w postaci pianek, kremów i żeli. Mogą być wprowadzane do pochwy przed stosunkiem, utrudniając przejście nasienia w głąb dróg rodnych. Niestety, ich skuteczność nie przekracza 75%, ponieważ nie zawsze możliwe jest skuteczne pokrycie końcowego odcinka pochwy, gdzie nasienie może się pojawić.

Niektóre kobiety używają środków mechanicznych. *Blona dopochwowa* to plastikowa wkładka pokrywająca szyjkę macicy i zapobiegająca przedostaniu się do niej spermy. *Kapturek dopochwowy* działa podobnie, przysysając się do szyjki. *Wkładki domaciczne* to plastikowe urządzenia umieszczane w macicy, uniemożliwiające zagnieżdżenie się jaja w jej ścianie. Takie metody mogą jednak wywoływać stany zapalne oraz infekcje macicy, a w skrajnych przypadkach prowadzić do powstania nowotworów.

Istnieją również *kobiace prezerwatywy*, wykonane z lateksu i wkładane do pochwy, które uniemożliwiają przejście nasienia przez szyjkę macicy.

Patofizjologia układu rozrodczego

Układ rozrodczy jest jednym z układów, które znajdują się w kontakcie z innymi ludźmi lub przedmiotami (drugim takim układem jest układ pokarmowy), dlatego też jest narażony na infekcje bakteryjne i wirusowe.

Dodatkowo jego narządy mogą przestać funkcjonować prawidłowo z powodów anatomicznych, hormonalnych czy genetycznych. Ponadto, jak wszystkie inne układy, także układ rozrodczy nie jest odporny na nowotwory.

Choroby weneryczne

Choroby te są przekazywane na drodze kontaktu płciowego i mogą dotyczyć kobiet i mężczyzn. Prezerwatywy dość skutecznie chronią przed nimi, więc powinny być stosowane, jeżeli nie ma pewności, że partner nie cierpi na chorobę weneryczną lub AIDS (patrz sekcja „AIDS” niżej).

Kłykciny kończyste

Choroba ta wywoływana jest przez wirusa z rodziny *papilloma* (HPV), zwanego też *wirusem brodawczaka ludzkiego*. Jej głównym objawem są narośle pojawiające się na zewnętrznych narządach płciowych, tak u kobiet, jak i u mężczyzn. Czasami bywają one płaskie, przez co trudno jest je zauważyć, a co za tym idzie — zdiagnozować u siebie fakt zarażenia. W ten sposób nosiciel tej choroby może ją rozprzestrzeniać dalej. Kłykciny mogą prowadzić do powstania guzów i nowotworów — w przypadku kobiet są one odpowiedzialne za prawie wszystkie przypadki raka szyjki macicy. Ponadto mają one związek z występowaniem guzów sromu, pochwy, odbytu i prącia.

Opryszczka

Opryszczka wywoływana jest przez *wirusa Herpes simplex typu 2*. (HSV-2). Osoby zarażone wirusem typu 1. (HSV-1) cierpią na pękanie skóry i pojawianie się na niej bąbli, podczas gdy u nosicieli HSV-2 do tych objawów często dołączają bolesne owrzodzenia sromu i prącia. Nawrotom choroby towarzyszy gorączka, powiększenie węzłów chłonnych i ból przy oddawaniu moczu. Kiedy zapadają na nią kobiety ciężarne, zwykle przeprowadza się poród przez cesarskie cięcie, gdyż w przeciwnym razie dziecko byłoby narażone na kontakt z wirusem, mogącym wywołać u niego uszkodzenia mózgu lub nawet śmierć.

Chlamydia

Chlamydia wywołuje infekcję cewki moczowej przypominającą infekcję typową dla rzeżączki (patrz niżej). Ze względu na to podobieństwo lekarze często stosują środki przeciwdziałające obu tym chorobom naraz. Przyczyną chlamydiozy jest działanie bakterii *Chlamydia trachomatis*, która wywołuje *niegonokokowe zapalenie cewki moczowej*. Jeżeli osobą zakażoną jest kobieta ciężarna, bakteria ta może wywołać u jej dziecka poważne zapalenie spojówek lub płuc.

Oprócz zapalenia cewki moczowej, chłamydia może być przyczyną wrzodów szyjki macicy. Nieleczona infekcja może doprowadzić do *zapalenia miednicy*. U mężczyzn objawia się ono stanem zapalnym nasieniowodu. Ustępujące zapalenie zostawia za sobą blizny, mogące częściowo bądź całkowicie zablokować jego światło, powodując bezpłodność. U kobiet przebieg choroby jest podobny, z tym że narządem objętym zapaleniem są jajowody, a tkanka bliznowata uniemożliwia zapłodnienie komórki jajowej czy też właściwe zagnieżdżenie się jej w ścianie macicy (patrz rozdział 15., sekcja o ciąży pozamaciczej).

Rzeżączka

Rzeżączka powodowana jest przez bakterię *Neisseria gonorrhoeae*, która wywołuje symptomy zbliżone do objawów chłamydiozy. Do głównych należą zapalenie cewki moczowej połączone z wydzielaniem zielonożółtej ropy oraz bóle przy oddawaniu moczu.

Poważnym zagrożeniem związanym z rzeżączką jest możliwość pojawienia się stanu zapalnego jajowodów lub nasieniowodów. Podobnie jak w przypadku chłamydiozy, może to doprowadzić do uszkodzenia i zablokowania tych narządów, co pociąga za sobą ograniczenie lub pozbawienie płodności. Dzieci, których matki w chwili porodu cierpiały na rzeżączkę, mogą zapaść na chorobę oczu, często prowadzącą do ślepoty, dlatego też wszystkim noworodkom niezwłocznie podaje się stosowną maść zawierającą antybiotyki.

Syfilis

Syfilis wywoływany jest przez bakterię *Treponema pallidum* (*krętek bładny*) i rozwija się w trzech stadiach:

1. W czasie fazy wstępnej na genitaliach pojawiają się owrzodzenia o stwardniałych brzegach. Po ich naturalnym cofnięciu choroba przez jakiś czas przebiega bezobjawowo.
2. W drugim stadium pojawia się wysypka na całym ciele, w tym także na podeszwach stóp i powierzchni dłoni. Ulega ona zaleczeniu, po czym następuje kolejny okres bezobjawowy.
3. Trzecie stadium jest już znacznie poważniejsze. Chorzy mogą cierpieć na zaburzenia pracy serca lub układu nerwowego, takie jak ślepota, upośledzenie umysłowe, choroby psychiczne czy drżenie kończyn. Objawom tym towarzyszą owrzodzenia na powierzchni skóry.

Syfilis może zostać przekazany dziecku przez zarażoną kobietę, ponieważ krętki blade są w stanie przenikać przez łożysko. Jeśli to nastąpi, dziecko może przyjść na świat z wadami wrodzonymi lub umrzeć przed porodem.

AIDS

AIDS, czyli zespół nabytego upośledzenia odporności (patrz rozdział 13.), rozprzestrzeniane jest m.in. poprzez kontakty seksualne, więc może zostać uznane za chorobę weneryczną. Choroba ta jest wynikiem zarażenia się wirusem HIV, podobnie jak syfilis jest efektem zarażenia się krętkiem białym.

Bezpłodność

Bezpłodność to niezdolność do zapłodnienia lub bycia zapłodnioną. Określenie „para bezpłodna” odnosi się do osób, które starały się bezskutecznie począć dziecko co najmniej przez rok. Sterylność oznacza natomiast całkowitą utratę zdolności do posiadania potomstwa.

Choć do najczęstszych przyczyn bezpłodności należy zablokowanie światła jajowodów (np. w wyniku uszkodzenia lub przedostania się do nich błony macicy), należy pamiętać, że może być ona również problemem mężczyzn. W tym przypadku najczęściej wynika ze zbyt małej ilości plemników lub zbyt dużej liczby plemników wadliwych (posiadających dwie główki, dwie witki lub pozbawionych niektórych elementów). Problemy zaczynają się jednak dopiero w chwili, gdy odsetek zdeformowanych plemników przekracza 25%. Co prawda wydaje się to dość duża liczba, ale zakładając, że przy jednym wytrysku zostaje uwolnionych 400 mln gamet męskich, nawet gdyby 25% z nich było wadliwych, wciąż pozostaje 300 mln plemników zdolnych zapłodnić komórkę jajową.

Mężczyźni cierpiący na choroby jąder często wykazują niski poziom testosteronu. Jednym z takich zaburzeń jest *zespół Klinefeltera* (XXY) wynikły z posiadania dodatkowego chromosomu X (zdrowi mężczyźni posiadają chromosomy XY, kobiety — XX). W dzieciństwie chłopcy dotknięci tym zespołem rozwijają się normalnie, ale w chwili, gdy wkraczają w okres dojrzewania, ich jądra przestają funkcjonować prawidłowo. Znajdujące się w nich komórki Leydiga nie są bowiem w stanie produkować testosteronu, co może wywoływać różne objawy: od nadmiernego rozwoju piersi (ginekomastii), przez impotencję i bezpłodność, po osłabienie kości.

Bezpłodnością mogą zostać dotknięci także zdrowi mężczyźni, którzy doznali fizycznego uszkodzenia jąder, albo też mężczyźni starsi, u których komórki Leydiga przestają funkcjonować z racji wieku. Niektóre choroby wirusowe, takie jak zapalenie przyusznic (potocznie zwane świnką), mogą wywołać *zapalenie jąder* prowadzące do *hipogonadii* (ograniczenia funkcji gonad). Wszystkie te zjawiska odbijają się niekorzystnie na płodności.

Guzy przysadki mózgowej także mogą być przyczyną hipogonadii. Przysadka wydziela bowiem FSH, czyli hormon, który pozwala na dojrzewanie oocytów i spermatocytów, a także na późniejsze wydzielanie estrogenu i testosteronu.

Problemy z nią mogą zwiastować pojawienie się kłopotów z jajnikami lub jajnikami. W tym ostatnim przypadku objawem zmian może być zanik krwawienia miesięcznego (amenorrhea) i bezpłodność. U mężczyzn skutkiem hipogonadii jest impotencja i bezpłodność.

Zanim możliwe będzie rozpoczęcie terapii, musi zostać właściwie określona przyczyna bezpłodności. Dobrą wiadomością dla par pragnących mieć dziecko może być jednak to, że w większości przypadków jest ona uleczalna.

Rak

Najczęstszym występującym u mężczyzn nowotworem układu rozrodczego jest rak prostaty i jąder. Kobiety cierpią głównie na raka szyjki macicy i jajników (w rozdziale 15. znajdziesz też opis raka piersi).

Rak prostaty

Prostata otacza górną część cewki moczowej, więc nowotwór tego narządu może ją uciskać, przez co oddawanie moczu staje się trudniejsze, częstsze i bardziej bolesne. Rak prostaty może pojawić się w wieku średnim, ale najczęściej dotyka on mężczyzn starszych. Jeśli cewka moczowa zostanie zablokowana całkowicie, może dojść do cofania się moczu do pęcherza i moczowodów, a to może być przyczyną zaburzenia pracy nerek. Rak ten może też rozprzestrzeniać się do pęcherza, moczowodów i nerek poprzez przerzuty. Nowotwory prostaty mogą być również przyczyną raka kości.

Badanie wielkości prostaty odbywa się przez odbyt. Jeżeli wydaje się ona stwardniała, dokonuje się biopsji i badania ultrasonograficznego. Leczenie nowotworu tego gruczołu polega na zastosowaniu radioterapii lub usunięciu prostaty. Aby zapobiec rozwojowi raka, konieczne jest utrzymanie niskiego poziomu testosteronu, co osiąga się poprzez usunięcie jąder lub podawanie estrogeny.

Rak jąder

Rozrost tkanki nowotworowej w jądrze może uszkadzać kanaliki nasienne i komórki Leydiga, co wywołuje spadek produkcji plemników i testosteronu (może to wywołać bezpłodność, patrz wyżej). (Więcej informacji na temat kanalików i komórek Leydiga znajdziesz we wcześniejszej części rozdziału, w sekcji „Męska sprawa: męski układ rozrodczy”). W przypadku gdy oba jądra zostaną zajęte nowotworem, możliwa jest trwała bezpłodność.

Typową metodą leczenia jest usunięcie jądra lub jąder połączone z radioterapią i chemoterapią. Jeżeli tylko jedno jądro zostało objęte działaniem nowotworu, mężczyzna zwykle zachowuje potencję i płodność. Choć rak jąder występuje znacznie rzadziej niż rak piersi, mężczyznom

zaleca się regularne ich sprawdzanie pod kątem występowania guzków, podobnie jak w przypadku samodzielnego badania piersi, które zaleca się kobietom.

Rak jajników

Rak jajników dotyka najczęściej kobiet powyżej 50. roku życia. Badania wykazują, że zarówno częste ciążę, jak i zapobieganie im, mogą chronić przed wystąpieniem tego nowotworu, gdyż u kobiet, które nigdy nie rodziły dzieci, występuje on 2 – 3 razy częściej niż u rodzących. Podobnie, rzadziej dotyka on kobiet zażywających doustne środki antykoncepcyjne. Rak jajników może pojawić się w tych narządach samoistnie lub na skutek przerzutu (najczęściej z piersi).

Rak jajników zwykle nie daje objawów, dopóki nie osiągnie odpowiedniego stadium. U cierpiących na niego kobiet notuje się bóle i obrzmienia brzucha, a także nudności i wymioty. Rzadko spotyka się zaburzenia krwawienia miesięcznego i krwawienie z pochwy. *Laparoskopia* umożliwia obejrzenie narządów w jamie brzusznej w celu stwierdzenia właściwej przyczyny takich zaburzeń.

Jeżeli lekarz zdiagnozuje nowotwór, zajęte nim jajniki mogą zostać usunięte za pomocą wspomnianej laparoskopii. Czasami jednak konieczna jest poważniejsza interwencja chirurgiczna, np. kiedy wymagane jest usunięcie jajników wraz z jajowodami bądź częściowe lub całkowite usunięcie macicy. Po zabiegu chirurgicznym stosuje się leczenie radiologiczne i chemoterapię, aby zapobiec nawrotom nowotworu.

Jeżeli rak zaatakuje tylko jeden z jajników, przeżywalność szacuje się na 60 – 70% w przeciągu pięciu lat (co oznacza, że 60 – 70% kobiet, u których wykryto nowotwór, będzie wciąż żyć po upływie tego czasu). Obustronny rak jajników zmniejsza szanse przeżywalności do 10 – 20%. Samodzielne badanie nie wystarczy do jego wykrycia, więc kobiety, które ukończyły 40 lat, powinny regularnie przechodzić badania w celu wykluczenia wystąpienia nowotworów.

Rak szyjki macicy

Diagnozowanie tego rodzaju nowotworu polega na pobraniu *rozsmazu cytologicznego*. Metodę tę opracował lekarz o nazwisku Papanicolaou jeszcze przed II wojną światową i jest ona stosowana do dziś, gdyż jej skuteczność szacuje się na 95%. Nieprawidłowości w budowie komórek szyjki macicy mogą prowadzić do pojawienia się nowotworu, który jednak jest uleczalny, jeżeli tylko zostanie odpowiednio wcześniej wykryty. Rak szyjki macicy może z łatwością przerzucać się za pośrednictwem węzłów chłonnych do innych narządów mieszczących się w obrębie miednicy, dlatego też wykrywanie i śledzenie anormalnych komórek (*dysplazji*) jest bardzo ważną częścią profilaktyki oraz leczenia.

Dzięki badaniu cytologicznemu, które zaleca się przechodzić raz do roku, zaburzenia w działaniu komórek wykrywane są zwykle, zanim pojawią się inne objawy nowotworu. Po stwierdzeniu nieprawidłowości wykonuje się badanie tkanek szyjki macicy (*kolposkopię*). Jedną z najwcześniejszych oznak raka jest nieprawidłowe krwawienie z dróg rodnych (tzn. nie pokrywające się z oczekiwanym czasem menstruacji). Dodatkowo przerzutom towarzyszy zwykle ból odczuwany w dolnej części jamy brzusznej.

Jeżeli komórki przednowotworowe zostaną odkryte w okresie ciąży, leczenie jest na ogół podejmowane dopiero po porodzie. Wykryty i leczony rak szyjki macicy zapewnia przeżywalność rzędu 50 – 80% w ciągu pięciu lat. Jeśli dojdzie do przerzutów wymagających leczenia radiologicznego, spada ona do 10 – 30%.

Rak szyjki macicy jest powiązany z działaniem wirusów z rodziny *papilloma*, a także z paleniem tytoniu, częstymi zmianami partnerów seksualnych czy też wczesnym rozpoczęciem współżycia płciowego (więcej informacji na temat wspomnianych wyżej wirusów znajdziesz w sekcji „Kłyciny kończyste” wcześniej w tym rozdziale).

Rozdział 15

Narodziny i rozwój

.....

W tym rozdziale:

- ▶ Zrozumieć rozwój embrionu.
 - ▶ Etapy ciąży.
 - ▶ Przebieg porodu.
 - ▶ Dorastanie i zmiany w ciągu życia.
-

Życie to opowieść, do której cały czas dopisywane są kolejne rozdziały. Zaczyna się ona od prologu, którym jest zapłodnienie i rozwój płodu. Rozdział pierwszy to narodziny. Każdemu kolejnemu stadium rozwoju poświęcona jest kolejna część tej historii. Epilogiem jest, jak łatwo się domyślić, zgon. Być może nie jest to najszcześniejsze zakończenie, ale nigdy nie możemy mieć pewności, jak zakończy się nasze życie. Nasza opowieść wciąż powstaje. Kiedy zaczniesz zbliżać się do jej końca, być może będziesz w stanie spojrzeć wstecz na swoje życie i poczuć radość i dumę ze swoich dokonań.

Trzy trymestry

Gdy zapytamy małe dziecko, jak ludzie wiążą się w pary, zwykle będziemy mogli usłyszeć, że najpierw się zakochują, potem biorą ślub, a następnie mają dzieci. Kiedy dorastamy, dowiadujemy się jednak, że nie jest to uniwersalna kolej rzeczy. Małżeństwo, a nawet miłość, nie są niezbędne do reprodukcji. Plemniki nie potrzebują aktu ślubu, by zapłodnić komórkę jajową. Proces ten nie wymaga uczuć wyższych. Spotyka on jajo, zapładnia je, ono zagnieżdża się w ścianie macicy, rozpoczyna się ciąża. Można by powiedzieć: „To wszystko”, gdyby nie fakt, że dopiero wtedy zaczyna się prawdziwa zabawa.

W czasie ciąży w organizmie kobiety zachodzi wiele zmian. Rzecz jasna, większość z nich dotyczy *płodu* (terminem tym określa się nienarodzone dziecko od trzeciego miesiąca ciąży do narodzin), choć oczekująca dziecka matka odczuwa też i inne skutki bycia ciężarną. W niniejszym rozdziale chcę wyjaśnić, jakie procesy zachodzą w 40-tygodniowym okresie ciąży, dzielącym się na trzy trymestry po 13 tygodni.



Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej na temat ciąży, zajrzyj do książki *Ciąża dla bystrzaków* autorstwa lek. med. Joanne Stone, lek. med. Keitha Eddlemana i Mary Duenwald (przeł. Izabela Szybilska-Fiedorowicz, Septem 2007).

Bruzdkowanie: pierwszy trymestr

Pierwszy trymestr teoretycznie zaczyna się jeszcze przed odbyciem stosunku. Kiedy kobieta orientuje się, że jest w ciąży, zwykle mija 4 – 6 tygodni (co daje czas dłuższy niż najczęściej wspomniane 9 miesięcy). Okres 40 tygodni liczony jest bowiem od rozpoczęcia ostatniego cyklu miesięcznego. Dlaczego tak? Otóż owulacja nie zawsze zachodzi 14. dnia cyklu, do zapłodnienia nie zawsze dochodzi w tym samym dniu, w którym nastąpił stosunek, a czas zagnieżdżenia się zygoty może być różny (patrz rozdział 14.). Dlatego też data ostatniej menstruacji jest punktem, w którym wszystko może się rozpocząć. Od niego właśnie liczy się 280 dni, aby określić przybliżony moment narodzin dziecka. Oczywiście na przebieg ciąży wpływa bardzo wiele czynników, przez co jedynie 5% dzieci rodzi się dokładnie w wyznaczonym dniu (z mojej trójki tylko jedno przyszło na świat w przewidzianym czasie).

Poniżej przedstawiam skrótowy opis rozwoju człowieka w okresie od zapłodnienia do narodzin:

1. **Ciąża rozpoczyna się w chwili, gdy zygota, czyli zapłodniona komórka jajowa, w której doszło do kilku podziałów komórkowych, zagnieżdża się w ścianie macicy** (więcej informacji o podziale komórek znajdziesz w rozdziale 2.).
2. **Zarodek (*embrion*), czyli zagnieżdżona zygota, osadza się w *endometrium* (wyściółce macicy) i pozostaje tam do chwili narodzin** (więcej na temat endometrium znajdziesz w rozdziale 14.).
3. **Zarodek zaczyna wytwarzać *gonadotropinę kosmówkową* (hCG), zwaną też hormonem ciążowym.**

W czasie pierwszego trymestru przyszłe matki obserwują zwykle zwiększenie wrażliwości swoich piersi. Wiąże się to z rozrostem tkanki wydzielniczej, która w przyszłości będzie odpowiadała za produkcję mleka. Brodawki wokół sutków ciemnieją, zaś naczynia krwionośne piersi stają się bardziej widoczne. Ponadto ciężarne kobiety zazwyczaj szybciej się męczą, gdyż organizm poświęca dużo energii na dopasowanie się do nowej roli. Ucisk rozszerzającej się macicy na pęcherz może wywoływać częstsze pojawianie się potrzeby oddawania moczu, natomiast „poranne mdłości” mogą występować tak rano, jak i wieczorem. Niektóre kobiety reagują też nudnościami na samą obecność hCG.



Pobranie płynu owodniowego

Polega ono na pobraniu próbki płynu za pomocą strzykawki i długiej igły wkuwanej w powierzchnię brzucha i macicę. Jako że płód pływa swobodnie w brzuchu matki, w płynie owodniowym znajdują się także jego własne komórki. Ich badanie genetyczne pozwala stwierdzić występowanie ewentualnych anomalii, takich jak zespół Downa czy niektóre infekcje.

Procedura pobierania płynu przeprowadzana jest pomiędzy 15. a 20. tygodniem ciąży, choć decydują się na nią głównie kobiety, u których

badanie USG lub analiza krwi wykazały możliwość zaistnienia powikłań. W późniejszych etapach ciąży pobranie płynu owodniowego może pomóc w ustaleniu, czy płuca dziecka są wystarczająco dobrze rozwinięte. Wytwarzają one bowiem wykrywalną w nim substancję zapobiegającą ich sklejanemu. Potwierdzenie jej obecności oznacza, że dziecko jest już gotowe do przyjścia na świat. Po dokonaniu nakłucia płyn może przesączać się przez ranę przez dzień lub dwa, dopóki błony nie ulegną regeneracji.

W tym momencie kobiety zwykle korzystają z testów ciążowych lub udają się na badanie lekarskie. W obu przypadkach dokonuje się analizy moczu pod kątem obecności w nim hCG. Oznacza ona, że dziecko jest już w drodze.

4. W fazie embrionalnej (czyli w ciągu pierwszych ośmiu tygodni ciąży) rozwijają się błony płodowe i łożysko.

Łożysko to specjalny narząd kształtujący się w macicy w czasie ciąży i stanowiący miejsce, do którego trafia część znajdujących się w brzuchu przyszłej matki składników odżywczych, które następnie przenoszone są do krwioobiegu płodu za pośrednictwem pępowiny. W ten sam sposób, choć w przeciwną stronę, przekazywane są produkty jego przemiany materii, które trafiają do łożyska, a następnie do krwioobiegu matki, z którego są wydalone na zewnątrz jej organizmu. Jak zatem widać, matki sprzątają po swoich dzieciach nawet przed ich urodzeniem.



Błony płodowe przypominają wypełniony wodą balon, w którym pływa rozwijający się płód. Balon ten składa się z dwóch warstw: *kosmówki* oraz *owodni*, wewnątrz których znajduje się *płyn owodniowy* zapewniający odpowiednią przestrzeń dla rozwijającego się dziecka i chroniący je przed nadmiernym kontaktem z błonami. Pozwala on również zachować stałą temperaturę i chroni płód przed wstrząsami.

Wszystkie zwierzęta, także lądowe, rozwijają się w wodnym środowisku, takim jak płyn owodniowy.

5. W pierwszym okresie ciąży zaczynają rozwijać się narządy.

Wszystkie narządy ludzkiego ciała, także mózg i rdzeń kręgowy, kształtują się przed upływem pierwszego miesiąca ciąży. Układ krążenia tworzy się w trzy tygodnie po zapłodnieniu z małych naczynek w łożysku,

noszących nazwę *kosmków łożyskowych*. Wtedy też zaczyna bić serce i przestaje ono funkcjonować dopiero w chwili śmierci, która oby nastąpiła jak najpóźniej.

6. **W czasie drugiego miesiąca układy narządów ulegają dalszemu rozwojowi. Zaczynają się kształtować kończyny oraz palce u rąk i nóg.**
7. **Zarodek zaczyna się poruszać pod koniec drugiego miesiąca.**
Na tym etapie jest on wciąż zbyt mały, aby matka odczuwała jego ruchy.
8. **Pod koniec drugiego miesiąca wykształcają się też oczy, uszy i genitalia.**
9. **Zarodek traci ogon i przestaje przypominać konika morskiego, upodabniając się do istoty ludzkiej.**

W okresie zarodkowym człowiek rozwija się bardziej niż w jakimkolwiek późniejszym etapie swojego życia. W fazie tej zachodzi kilka istotnych zjawisk:

Bruzdowanie. Termin ten odnosi się do mitotycznego podziału jednej komórki na dwie potomne (patrz rozdział 2.). Gdy plemnik połączy się z jajeczkiem, powstała w ten sposób zygota przechodzi serię podziałów, za każdym razem podwajając liczbę komórek. Ona sama nie zwiększa swoich rozmiarów, podobnie jak bąbelki piany w zamkniętym pojemniku. Oznacza to, że wraz ze wzrostem liczby komórek ich wymiary maleją. Każda z nich posiada jednak ten sam materiał genetyczny, co komórka macierzysta.

Morfogeneza. Przenoszenie się komórek w inne miejsca blastocysty nosi nazwę *morfogenezy* (tworzenia się kształtu). W miarę jak zygota dzieli się i schodzi w dół jajowodów, zmienia się ona w *morulę*, a następnie w *blastocystę*. Komórki znajdujące się we wnętrzu tej ostatniej zmieniają swoje położenie, tak aby tworzyć dwie warstwy. Wewnętrzna staje się po zagnieżdżeniu w macicy zarodkiem, zaś zewnętrzna przekształca się w owodnię, z której powstaje łożysko (oraz układ krwionośny płodu).

Różnicowanie. Kiedy komórki nabiorą kształtu w procesie morfogenezy, zaczynają przekształcać się w konkretne struktury i narządy. Aby jednak do tego doszło, muszą się one rozwinąć, przyjmując różne funkcje. Proces ten nosi nazwę różnicowania i jest kierowany przez geny (patrz rozdział 2.). W jego wyniku komórki zyskują charakterystyczne cechy.

Niewyspecjalizowane komórki muszą zostać „przydzielone” do tworzenia konkretnych rodzajów tkanek — w przeciwnym razie tracą tę zdolność. Noszą one nazwę *komórek macierzystych* i posiadają umiejętność przekształcenia się w niemalże dowolny rodzaj komórek.

Pobieranie kosmków

Pobieranie próbek kosmówki to kolejna metoda pozwalająca uzyskać wartościowe informacje. Część komórek łożyska pobiera się za pomocą igły przez powłoki brzuszne lub przy użyciu cewnika umieszczonego w szyjce macicy pomiędzy 10. a 12. tygodniem ciąży. Tkanka ta zawiera komórki kosmówki rozwiniętej z zapłodnionego jaja. Przebadanie ich pozwala zdobyć informacje bez potrzeby badania błon płodowych

czy samego płodu. Komórki hoduje się przez 7 – 10 dni, a następnie przeprowadza się testy na okoliczność występowania w nich wadliwych chromosomów i ewentualnych chorób genetycznych. W tym momencie możliwe jest też ustalenie płci dziecka (jeżeli gra ona rolę w pojawianiu się danej choroby). Informacje te pozwalają matce i jej partnerowi podjąć decyzję co do kontynuowania ciąży.

Badania nad nimi są tak istotne, ponieważ potencjalnie dają możliwość wykorzystania w medycynie komórek posiadających duże możliwości rozwoju. Wspecjalizowane komórki tworzą konkretne tkanki, zaś podobne tkanki budują poszczególne narządy i całe ich układy.

10. Około ósmego tygodnia okres zarodkowy dobiega końca.

Od początku trzeciego miesiąca ciąży nowy organizm nosi nazwę *płodu*.

Pod koniec pierwszego trymestru płód ma około 10 cm długości i waży niecałe 30 gramów. Jego główka (nieproporcjonalnie duża w stosunku do reszty ciała) zaczyna porastać włoskami. Wewnątrz jego jamy brzusznej pojawiają się jelita, zaś układ moczowy (nerki oraz pęcherz) zaczyna produkować mocz.

Brzuch bez widoku na morze: drugi trymestr

W drugim trymestrze wszystko zmierza ku lepszemu. Organizm kobiety dostosował się już do zwiększonego obciążenia, więc ciężarna nie odczuwa tak dużego zmęczenia, jak wcześniej. Po pełnym ukształtowaniu się łożyska poziom hCG opada, co przekłada się też na mniej intensywne i rzadsze mdłości.

1. Płód rozwija się dalej. Jego narządy również.

W miarę rozwoju płodu matka zaczyna odczuwać jego ruchy, często określane jako „kopanie”. Dziecko zaczyna ssać kciuk i otwierać powieki. Zaczyna też zachowywać się jak noworodek, choć wciąż go nie przypomina — charakteryzuje się pomarszczoną i przezroczystą skórą, delikatnymi włoskami noszącymi nazwę *lanugo* i pokrywającą jego ciało *mazią płodową*. W czasie drugiego trymestru kształtuje się kośćiec i widoczna staje się płeć dziecka, którą można dostrzec na obrazie USG.

2. Chrząstki ukształtowane w zarodkowej fazie rozwoju zostają zastąpione przez kości.

Pod koniec drugiego trymestru płód liczy 30 – 35 cm długości i waży około 1,5 kg. Co prawda, nie jest jeszcze w stanie funkcjonować samodzielnie, ale niedługo będzie gotowy do przyjścia na świat, nawet jeśli nastąpi to przedwcześnie.



Dla przyszłej matki drugi trymestr stanowi całkowite przeciwieństwo pierwszego. Owszem, także i tu pojawiają się małe niedogodności, takie jak zgaga, wzdęcia czy niestrawności, ale mimo to kobiety zwykle odczuwają przypływ energii i cieszą się znacznie lepszym samopoczuciem niż na początku. Włosy i paznokcie matki stają się mocniejsze, a skóra lśniąca w wyniku podniesionego poziomu hormonów. Widoczne oznaki ciąży budzą u wielu kobiet dumę i sprawiają, że z niecierpliwością wyczekują one momentu rozwiązania.

W stronę światła: trzeci trymestr

Ostatni trymestr ciąży jest okresem, który wiąże się z silnymi emocjami. Zbliżający się poród może być przyczyną narastającego niepokoju i dyskomfortu wywołanego „nieznośnym” zachowaniem się płodu (wystarczy zapytać o to mojego męża!).

W trzecim trymestrze płód rośnie szybko (jego przybliżoną wielkość przedstawiono na rysunku 15.1.).

1. Pod jego skórą gromadzi się tkanka tłuszczowa, dzięki czemu bardziej przypomina dziecko niż starego człowieka.

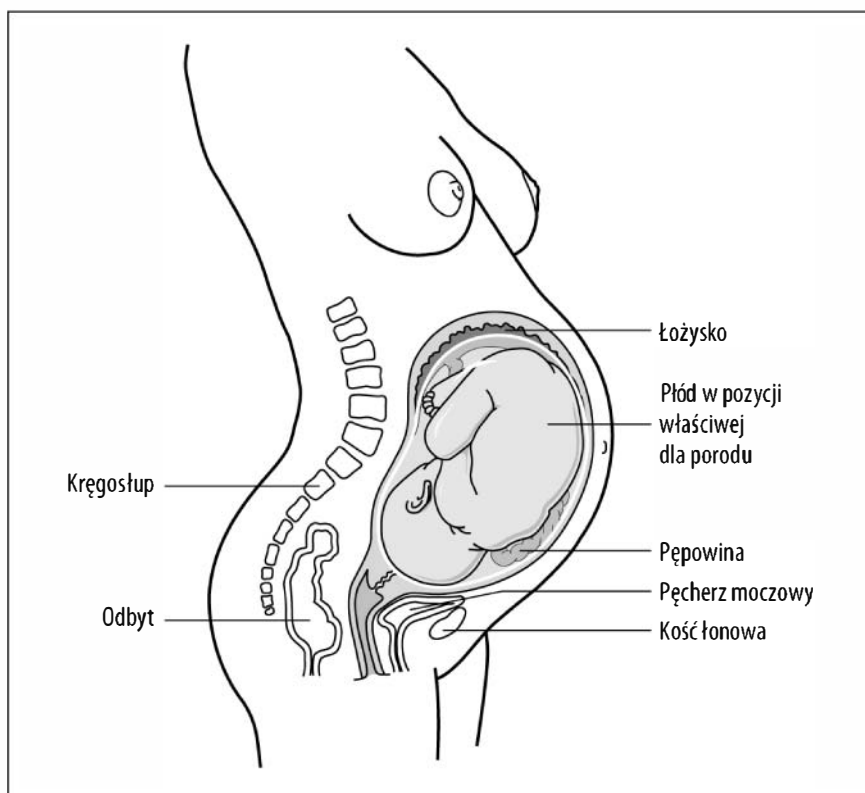
Tkanka tłuszczowa sprawia, że dziecko jest cięższe, ale jednocześnie zapewnia mu izolację termiczną potrzebną po porodzie, a także stanowi rezerwę energetyczną dla rozwoju układu nerwowego.

2. Płód rośnie, a wszystkie jego organy są już ukształtowane.

3. Pod koniec trzeciego trymestru płód układa się w sposób ułatwiający poród.

Matka odczuwa przesunięcie się płodu do części miedniczej, gdyż macica przemieszcza się w dół i nie uciska już przepony. Dziecko na ogół zwrócone jest główką w dół, w stronę kanału rodnego. Kiedy główka dotrze do kręgów przy kości kulszowej, mówimy, że jest ono ułożone do porodu.

Rysunek 15.1.
Rozwój płodu,
trzeci trymestr



Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 3*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

W okresie ciąży przyszłe matki zyskują na wadze około 12 – 14 kg, choć większa część tego przyrostu następuje w trzecim trymestrze. W ciągu kilku ostatnich tygodni ciąży macica uzyskuje maksimum objętości, wypełniając całą jamę brzuszną i sięgając żeber (w zwykłym stanie ma ona 5 – 7 cm szerokości). Tak silny nacisk na okoliczne narządy utrudnia matce oddychanie i sen, natomiast napór na pęcherz wywołuje potrzebę oddawania moczu kilka razy w ciągu jednej nocy. Kobiety w trzecim trymestrze ciąży mogą także mieć

Tożsama podwójność

Czasami zdarza się, że wewnątrz komórki dzieli się na dwie części, prowadząc do powstania dwóch zarodków. Jako że posiadają one dokładnie ten sam materiał genetyczny, mówimy w tym przypadku o *bliźniętach jednojajowych*.

Z kolei *bliźnięta dwujajowe* rozwijają się z dwóch różnych komórek jajowych zapłodnionych przez dwa odrębne plemniki. Bliźnięta takie nie różnią się niczym od zwykłego rodzeństwa, poza tym, że dorastają w brzuchu matki w tym samym czasie.

wrażenie nacisku na boczne części jamy brzusznej, wynikające z rozciągania się więzadeł podtrzymujących macicę. Zwykle narzekają one w tym okresie na obrzęki, mrowienia, bóle kręgosłupa, żylaki, bóle mięśni i ogólne kłopoty z poruszaniem się.



Niezależnie od kłopotów i nieprzyjemności, trzeci trymestr kończy się narodzinami dziecka. Tuż przed przyjściem na świat ma ono zwykle około 50 cm długości i waży mniej więcej 4 kg.

Komplikacje

Niestety, w czasie ciąży może pojawić się wiele różnych problemów. Gdyby wziąć pod uwagę samą listę zjawisk, zdolnych przeszkodzić w narodzinach, można zastanawiać się, jakim cudem u większości kobiet ciąża i poród przebiegają zgodnie z planem. Poniżej znajdziesz opis najpopularniejszych z tych powikłań.



Jeśli tak się składa, że właśnie jesteś w ciąży, nie panikuj i nie przejmuj się na zapas. Jeżeli zauważysz u siebie objawy mogące sugerować, że dzieje się coś niedobrego, natychmiast skontaktuj się z lekarzem, który wszystko Ci wyjaśni.

- ✓ **Krwawienie.** W pierwszym trymestrze może pojawić się lekkie krwawienie z dróg rodnych. Dzieje się tak, ponieważ kiedy zygota zagnieżdża się w macicy, powoduje bardzo delikatny krwotok. Często pojawia się on w okolicy następnej menstruacji, co może być powodem do niepokoju, jeżeli kobieta wie, że jest w ciąży. Takie zjawisko jest jednak całkowicie normalne, o ile nie towarzyszą mu silne bóle i krew nie jest jasnoczerwona (co może oznaczać poronienie samoistne). W przypadku pojawienia się późniejszych krwawień należy jednak informować o tym lekarza. W dalszym okresie nacisk ciężkiej macicy może powodować powstanie hemoroidów odbytu, które czasami krwawią. To zaburzenie, choć nieprzyjemne dla matki, nie jest jednak w żaden sposób groźne dla dziecka.
- ✓ **Ciąża pozamaciczna.** O ciąży pozamacicznej mówimy, gdy zapłodnione jajo osadza się na zewnątrz macicy, np. w jajowodzie. Rozpoczyna się ona normalnie, a zarodek produkuje hCG i wykształca poszczególne narządy. Problem polega na tym, że właściwy rozwój może przebiegać wyłącznie w macicy, więc jeżeli zarodek zagnieżdży się w jajowodzie, jajniku bądź w jej szyjce, zwykle jest to przyczyną krwawienia i silnych bólów. W miarę jego wzrostu może też dojść do groźnego w skutkach pęknięcia jajowodu (ewentualnie szyjki macicy lub jajnika). Wykrycie ciąży pozamacicznej jest możliwe przy użyciu ultrasonografii. Istnieje możliwość przeszczepienia zarodka do macicy, by mógł się normalnie rozwijać.

- ✓ **Cukrzyca ciążarnych.** Ciężarne kobiety często przechodzą kontrolę zawartości cukru w moczu podczas regularnych wizyt u lekarza. Poczynając od końca drugiego trymestru, często dokonuje się badania przesiewowego na okoliczność wystąpienia tzw. cukrzycy ciążarnych, czyli hipoglikemii (nadmiaru cukru we krwi). Zbyt duża ilość cukru we krwi matki oznacza też jego nadmiar we krwi dziecka, co może doprowadzić do powikłań przy porodzie lub nawet konieczności zastosowania cesarskiego cięcia. Dodatkowo, stan taki może być przyczyną wykształcenia się u matki pełnoobjawowej cukrzycy po okresie ciąży. Jeżeli poziom cukru nie zostanie obniżony poprzez ćwiczenia i dietę, konieczne jest podawanie insuliny.
- ✓ **Rozszerzenie szyjki macicy.** Jeżeli szyjka macicy zacznie się rozszerzać i otwierać na długo przed tym, jak płód jest gotowy do opuszczenia ciała matki, istnieje poważne ryzyko poronienia. W takiej sytuacji kobieta odczuwa silny ucisk miednicy, ale macica nie kurczy się, aby nie rozszerzać już i tak zbyt mocno rozwartej szyjki. Ryzyko tego zaburzenia, które nie pozwala na normalne kontynuowanie ciąży, jest większe u kobiet, u których przeprowadzono zabiegi wymagające rozszerzenia szyjki lub jej uszkodzenia (np. biopsję). Dotyczy to również naderwania szyjki przy poprzednim porodzie lub przy ciąży wielorakiej (trojaczki i więcej). Problem ten rozwiązuje się najczęściej poprzez podwiązanie szyjki macicy.
- ✓ **Stan przedrzucawkowy i rzucawka.** Oprócz poziomu cukru w moczu, sprawdza się w nim też poziom białek, aby zapobiec pojawieniu się stanu przedrzucawkowego, czyli podniesionego ciśnienia tętniczego u kobiet w ciąży. Towarzyszą mu bóle głowy i brzucha, gwałtowne obrzmienia, szybki wzrost masy ciała (2 – 3 kg w tydzień) i rozmyte widzenie. Stan ten może prowadzić do rzucawki, czyli drgawek mogących zakończyć się śpiączką lub nawet zgonem. Jeżeli życie matki jest zagrożone, natomiast płód ma szansę przeżycia, zwykle wymusza się wtedy poród przez cesarskie cięcie.
- ✓ **Łožysko przodujące.** Łožysko zwykle znajduje się w górnej lub tylnej części macicy, ale czasami może pokrywać ono jej szyjkę, uniemożliwiając naturalny poród bądź wywołując ciężkie krwawienie. Jeżeli stan taki ma miejsce we wczesnej fazie ciąży, zwykle dochodzi do jego samoistnej poprawy, gdyż łożysko przesuwa się w górę, podczas gdy dziecko zajmuje dolną część macicy. Jeśli jednak sytuacja taka zaistnieje w drugim lub trzecim trymestrze, uciskane przez płód i wypełnione krwią łożysko może zacząć przeciekać. Może to doprowadzić do przyspieszonego porodu i wydania na świat wcześniaka. W większości przypadków poród dokonywany jest wtedy poprzez cesarskie cięcie, aby uchronić matkę przed obfitym krwawieniem.
- ✓ **Oderwanie łożyska.** Do sytuacji takiej dochodzi, gdy łożysko oddziela się od ściany macicy, zanim dziecko będzie gotowe do przyjścia na świat. Może to doprowadzić do obfitego krwawienia i przedwczesnego

porodu. Jeżeli odrywa się duża część łożyska, najczęściej konieczne jest jego natychmiastowe wymuszenie, natomiast gdy uszkodzenie jest niewielkie, poród może poprzedzić okres odpoczynku i rekonwalescencji.

Przyjście na świat

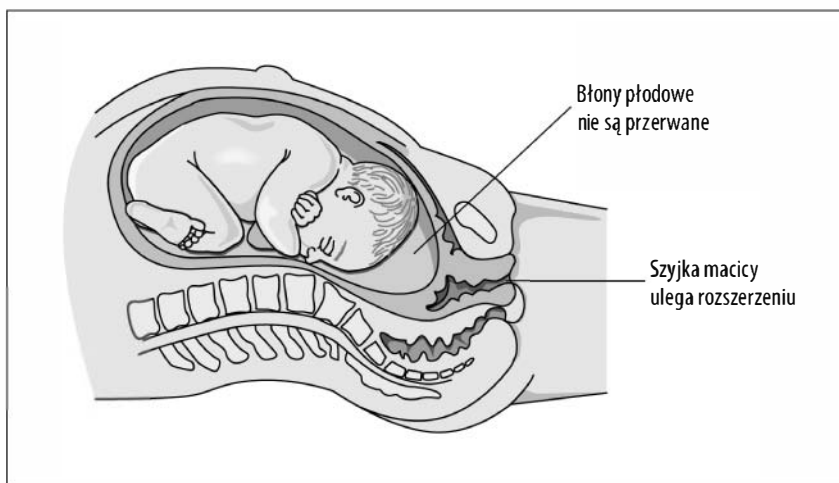
Po 40 tygodniach nadchodzi czas, w którym kobieta jest gotowa urodzić dziecko. Niezależnie od tego, przez co matka musiała przejść w czasie ciąży, wszystko to dobiega właśnie końca. Pierwszą rekompensatą za te trudy jest możliwość trzymania własnego dziecka przy piersi i rozmyślenia nad tym, do czego zdolny jest ludzki organizm. Później nagród jest coraz więcej: dziecko chwytające Cię za palec swoją małą rączką, zapach i dotyk niemowlęcia (nawet do trzeciej nad ranem), uśmiechy i chichoty, a także pierwsze i następne słowa „kocham cię, mamo”. Wszystko to jest piękne, choć podczas porodu kobiety niekoniecznie myślą właśnie o tym.

W niniejszej sekcji przyjrzymy się bliżej procesowi porodu, czyli wszystkim jego trzem fazom, a także okresowi następującemu bezpośrednio po nim.

Droga w dół: faza pierwsza

Zanim dojdzie do szczęśliwych narodzin, dziecko musi przejść przez kanał rodny. Proces ten rozpoczyna się fazą przejściową (patrz rysunek 15.2.).

Rysunek 15.2.
Początek
aktywnego po-
rodu: rozsze-
rze-
nie się szyjki
macicy, faza
przejściowa



Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 3*, Lippincott Williams & Wilkins, 2002

Kiedy zaczynają się prawdziwe skurcze porodowe, czyli takie, które nie tylko obkurczają macicę, ale także rozszerzają jej szyjkę (stanowiące swoistą rozgrzewkę skurcze samej macicy noszą nazwę skurczów Braxtona-Hicksa), można mówić o rozpoczęciu właściwego porodu, któremu towarzyszą dodatkowe objawy. Jednakże ta pierwsza faza trwać może 12 – 14 godzin, więc zwykle nie ma powodu do pośpiechu. Poza tym, niepotrzebne zdenerwowanie to ostatnia rzecz, jakiej można sobie życzyć w takiej chwili.

Niektóre kobiety zauważają, że z szyjki macicy znika zatykający ją w czasie ciąży czop śluzowy, zabezpieczający jej wnętrze przed infekcją. Kiedy szyjka zaczyna się rozszerzać, wydostaje się on na zewnątrz wraz z niewielką ilością krwi. Część kobiet nie zauważa tego objawu, myląc go ze zwykłymi upławami, które w ostatnich tygodniach ciąży bywają dość częste.

Kiedy szyjka macicy ulega rozszerzeniu, główka dziecka zaczyna na nią napierać. Nacisk ten sprawia, że szyjka rozciąga się i przesuwają ku górze, co jest niezbędne dla pomyślnego porodu. Aby główka mogła przez nią przejść całkowicie, musi ona rozciągnąć się na około 10 cm. Szyjka macicy jest zwykle dość masywna i mierzy 2 – 3 cm, dlatego też musi ona ulec spłaszczeniu, aby powiększyć się do pożądanego rozmiaru.

Kiedy szyjka ulega rozszerzeniu, w powstały kanał zaczyna wchodzić główka dziecka poprzedzona błonami płodowymi. Ciśnienie, jakie płód wywiera na błony, zwykle prowadzi do ich rozerwania i wylania się na zewnątrz płynu owodniowego (zjawisko znane potocznie jako „odejście wód”). Zwykle wzmagają to skurcze, które zaczynają nabierać regularnego charakteru, o ile nie były takie już wcześniej.



Pod koniec pierwszego etapu porodu szyjka macicy jest już rozciągnięta i ma około 4 cm średnicy. Skurcze następują regularnie, powtarzając się na ogół co pięć minut i trwając przez minutę. Zwykle nie są one bolesne. Mięśnie brzucha napinają się wraz z mięśniami macicy, zaciskającymi się i wypychającymi płód ku dołowi. Takie skurcze oznaczają rozpoczęcie *porodu aktywnego*.

W jego trakcie powtarzają się one co 3 – 5 minut i trwają 45 – 60 sekund. Nacisk na szyjkę macicy sprawia, że po dalszych 4 – 5 godzinach uzyskuje ona średnicę 8 – 9 centymetrów. Dziecko znajduje się już w kanale rodny i niedługo przyjdzie na świat.

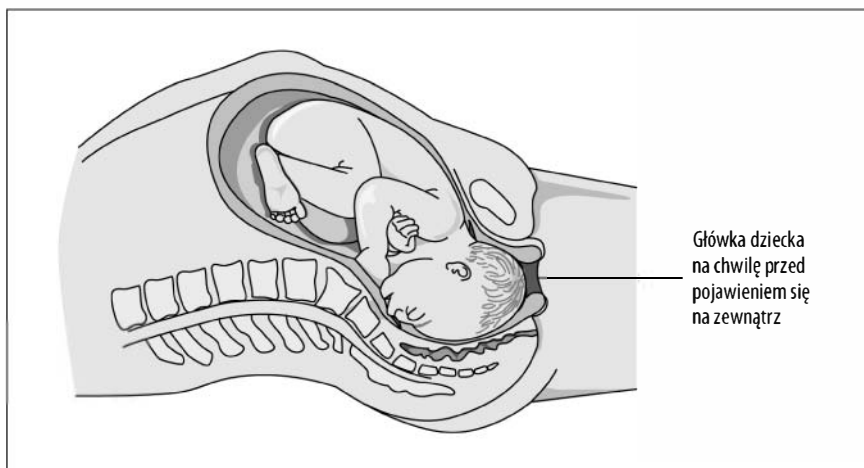
Na tym etapie kobiety zachowują się różnie. Część chce się poruszać, podczas gdy inne wolą leżeć. Nie ma to większego znaczenia, gdyż najważniejsze jest wtedy to, by ciężarna odprężyła się i przygotowała na *fazę przejściową*.

Faza przejściowa, czyli właściwe narodziny, kończy drugą fazę porodu. Szyjka macicy ulega maksymalnemu rozszerzeniu, osiągając średnicę 10 centymetrów poprzez bardzo intensywne skurcze. Na szczęście faza ta jest dość krótka.

Wyjście na świat: faza druga

Kiedy szyjka macicy ulegnie całkowitemu rozszerzeniu, kobieta zwykle odczuwa potrzebę parcia (patrz rysunek 15.3.). W poprzednich etapach porodu skurcze macicy następowały samoistnie, lecz teraz płód znajduje się w pochwie, uciskając również odbyt i kości łonowe. Organizm matki stara się pomóc dziecku w przyjściu na świat, wywołując skurcze mięśni szkieletowych.

Rysunek 15.3.
Druga faza po-
rodu: poród
właściwy



Źródło: LifeART®, *Super Anatomy 3*, Lippincott, Williams & Wilkins, 2002



W tym momencie lekarz zwykle mówi, by kobieta przestała przec, aby mógł określić, czy szyjka macicy jest maksymalnie rozciągnięta i czy dalsze próby jej poszerzenia nie doprowadzą do uszkodzenia mięśni. Na pewno robi on to w dobrej wierze, ale często skurczów nie da się opanować. Widać to po zachowaniu rodzących kobiet, bezwiednie zaciskających z wysiłku pięści i każdym swoim grymasem dających do zrozumienia, że starają się doprowadzić do przyjścia dziecka na świat.

Parcie nie musi trwać zbyt długo. W większości przypadków po godzinie od pojawienia się potrzeby parcia matka trzyma już swoje nowo narodzone niemowlę. W ostatniej fazie porodu lekarz i położna posługują się zwykle określeniem „stacji” lub „pozycji” porodowej. Odliczanie zaczyna się w chwili, gdy dziecko wchodzi do kanału rodniego (pochwy). „Stacja –1.” oznacza moment, w którym znajduje się ono w jego połowie, „stacja 2.” oznacza, że po 3 – 4 parciach będzie ono widoczne, zaś „stacja 5.”, że po jednym silnym parciu główka dziecka powinna ukazać się na zewnątrz.



Parcie przypomina pracę mięśni przy oddawaniu kału, tyle że następuje w pozycji leżącej, z podbródkiem przy piersi i szeroko rozłożonymi nogami. Być może niektórym kobietom pozycja ta kojarzy się z tą, w której to wszystko się zaczęło, ale najprawdopodobniej nie mają one czasu o tym myśleć, gdyż

całą swoją uwagę poświęcają doprowadzeniu do narodzin swojego potomka. Kiedy główka pojawi się na zewnątrz, lekarz oczyszcza nozdrza i usta dziecka z krwi, śluzu i płynu owodniowego. Po kolejnym parciu na zewnątrz znajduje się już zwykle całe dziecko, które od tej chwili można nazywać *noworodkiem*.

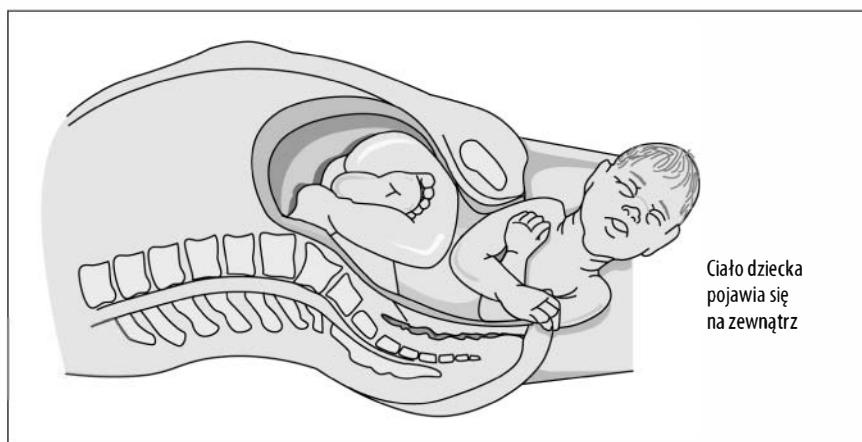
Sprzątanie: faza trzecia

Owszem, poród nie należy do najczystszych czynności. Wraz z dzieckiem ciało matki opuszczają płyny i śluz, a czasami również mocz i kał. Nikt jednak nie rzuca się do sprzątania, gdyż najpierw należy przeciąć pępowinę. Po tym zabiegu noworodek jest całkowicie niezależny od organizmu matki. Po pewnym czasie miejsce połączenia zmieni się w pępek.

Kiedy dziecko znajdowało się w łonie matki, za dostarczanie mu potrzebnych substancji oraz usuwanie produktów przemiany materii odpowiadał organ zwany łożyskiem, który, wraz z łączącą go z dzieckiem pępowiną, pełnił funkcje jelit i układu krążenia. Dodatkowo, transportując krew, łożysko przekazywało też przeciwciała. Kiedy zatem dziecko zostanie odcięte (dosłownie!) od matki, musi zacząć budować swoją odporność samodzielnie. To samo dotyczy oddychania, jedzenia, picia i usuwania zbędnych substancji z organizmu.



Kiedy dziecko przyjdzie na świat (patrz rysunek 15.4.), macica ulega dalszym skurczom, aby usunąć ze swojego wnętrza oddzielone od jej ściany łożysko. Pojawia się ono mniej więcej w 15 minut po narodzinach dziecka. Jego usunięcie nie kończy jednak skurczów. Czasami trwają one jeszcze przez kilka dni (a przez kilka pierwszych godzin są dość intensywne), dzięki czemu macica może bezpiecznie powrócić do dawnej wielkości, usuwając przy tym resztki krwi oraz tworzące się w niej skrzepy.



Rysunek 15.4.
Narodziny
dziecka

Odkładanie parcia na później

Z własnego doświadczenia mogę powiedzieć, że najtrudniejszą rzeczą w porodzie jest powściągnięcie chęci parcia, gdyż jest ona bardzo duża. Powstrzymywanie dziecka przed przyjściem na świat oznacza niezwykle silny nacisk na krocze i odbytnicę. Ponadto w czasie porodu czułam

palący ból, który prawdopodobnie był oznaką pęknięcia skóry. Być może oczyszczanie dziecka dróg oddechowych nie trwa długo, ale, jako że trzeba na ten czas powstrzymać parcie, rodzącej kobiecie wydaje się to wiecznością.

Kłopoty od samego początku

Doskonały przebieg ciąży nie oznacza bezproblemowego porodu. Z drugiej strony, chociaż problemy nie są czymś niezwykłym, większość kobiet rodzi zdrowe dzieci, nie mając przy tym żadnych powikłań. Czasami jednak nie wszystko idzie tak dobrze, jak powinno. Do dwóch najczęściej występujących problemów zaliczamy wycięnczenie porodowe i krwotok okołoporodowy.

Wycięnczenie porodowe

Kiedy kobieta trafia na salę porodową (lub do stosownego pokoju), zwykle zakłada się jej na brzuch specjalny, elastyczny pas z czujnikami mierzącymi tętno płodu oraz charakterystykę skurczów. Jeżeli sprawiają one, że tętno dziecka nadmiernie spada, może to oznaczać, że nie otrzymuje ono odpowiedniej ilości tlenu. Zjawisko takie nosi nazwę wycięnczenia porodowego i może wymagać przyspieszenia porodu.

W takiej sytuacji często stosuje się cesarskie cięcie lub inny sposób zwiększający jego tempo. Wycięnczenie może także zostać wywołane odwodnieniem, nie pozostającym bez wpływu na funkcjonowanie układu krążenia (z tego powodu rodzącym czasami podaje się dożylnie płyny). Sytuację może poprawić też oddychanie czystym tlenem przez maskę albo zmiana pozycji bądź ruch. Cesarskie cięcie wykonywane jest zwykle dopiero wtedy, gdy wszystkie inne możliwości zostaną wyczerpane.

Krwotok okołoporodowy

Każdemu porodowi, czy to naturalnemu, czy też dokonanemu poprzez cesarskie cięcie, towarzyszą skurcze macicy, trwające jeszcze jakiś czas po szczęśliwych narodzinach dziecka i pozwalające usunąć z tego narządu krew i zamknąć naczynia krwionośne. Krwawienie ustępuje całkowicie po około siedmiu dniach od rozwiązania, ale jeżeli macica nie ulegnie obkurczeniu, może ono być bardzo silne. Zjawisko to nosi nazwę *atonii macicy* i może pojawić się, gdy zostaną w niej części łożyska, pojawi się infekcja lub w przypadku, gdy narodziła się co najmniej dwójka dzieci.

Aby wywołać skurcze, położna może rozmasować partie brzucha znajdujące się nad macicą. Dodatkowo podaje się także wywołujący je środek, np. oksytocynę, meterginę czy Enzaprost F. Jeżeli atonia wywołana jest pozostałymi fragmentami łożyska, mogą one zostać usunięte ręcznie lub za pomocą zabiegu chirurgicznego.

W rzadkich przypadkach może dojść do wypadnięcia macicy. Wtedy również może wystąpić silny krwotok.

Rozwój przez całe życie, czyli co się dzieje po narodzinach

Narodziny stanowią początek życia, w którym wszystko ulega ciągłym zmianom. Wystarczy popatrzeć, jak bardzo różnią się małe dzieci od starców. To właśnie zmiany rozwojowe sprawiają, że w każdym okresie życia wyglądamy i zachowujemy się inaczej.

Zaczynamy od zera: okres niemowlęcy i dziecięcy

Niemowlęta rosną i rozwijają się w bardzo szybkim tempie. Prawdę mówiąc, spora część tych zmian to po prostu kontynuacja procesów zapoczątkowanych w okresie życia zarodkowego. Przykładowo, mózg zaczyna kształtować się w trzecim tygodniu ciąży, a następnie rozwija się przez pierwszych kilka lat. Kiedy cała jego struktura zostanie uformowana, komórki nerwowe zaczynają rosnąć i łączyć się w specyficzne konfiguracje. Proces ten trwa przez całe życie człowieka. Także układ kostny kształtuje się w okresie płodowym, rozwojowi podlega do okresu wczesnej dorosłości (czyli około 20 lat), a następnie przez większość życia jest podtrzymywany. Mimo tego, że noworodek posiada te same układy i narządy co człowiek dorosły, to przez pierwszych 20 lat życia ulegają one ustawicznemu rozwojowi i wzrostowi.

Narządy rozrodcze chłopców i dziewcząt znajdują się w stanie przypominającym anabiozę i zaczynają rozwijać się po wejściu w okres pokwitania w wieku lat kilkunastu (patrz niżej). W jądrach chłopców spermatocyty znajdują się od momentu narodzin (a nawet wcześniej), ale nasienie produkowane jest dopiero wtedy. Dojrzewającym dziewczętom zaczynają w tym okresie rosnąć piersi. Mali chłopcy posiadają zdolność do erekcji od momentu przysięcia na świat, ale nie są w stanie brać udziału

w rozmnażaniu do chwili, w której ich organizm zacznie wytwarzać dojrzałe nasienie. W okresie dziecięcym szybko rozwija się także tkanka mięśniowa, dlatego tak ważne jest zapewnienie dzieciom odpowiedniej ilości ruchu i ćwiczeń fizycznych. W wieku 7 – 12 lat powinny one poświęcać na takie działania co najmniej jedną lub dwie godziny dziennie.

Bóle dorastania

„Był to czas najlepszy i najgorszy zarazem...”. Nie sądzę, aby Charles Dickens myślał o okresie dorastania, gdy kreślił to zdanie otwierające *Opowieść o dwóch miastach*. Nie zmienia to jednak faktu, że wielu dorosłych podpisałoby się pod takim stwierdzeniem, gdyby odnosiło się do ich lat młodości. W okresie dojrzewania nasze zdrowie osiąga szczytową formę. Niestety, jest to również czas najwyższej aktywności hormonalnej.

Człowiek zaczyna wtedy bardzo szybko rosnąć. Wydłużają się jego kości, wzrasta masa mięśniowa, a całe ciało osiąga rozmiary typowe dla dorosłych. Jednakże najważniejsze zmiany zachodzące w organizmie w okresie dojrzewania dotyczą rozwoju układu rozrodczego.

Dojrzewanie to czas, kiedy układ ten u chłopców i dziewcząt zaczyna funkcjonować sprawnie, umożliwiając rozmnażanie. U dziewcząt ma to miejsce od 11. do 13. roku życia, u chłopców natomiast zaczyna się nieco później, pomiędzy 14. a 16. rokiem. W tym momencie dochodzi też do zahamowania rozwoju kości. Kiedy chrząstki nasadowe kości długich (np. kości piszczelowych) całkowicie skostnieją i zanikną, dalszy wzrost przestaje być możliwy (patrz rozdział 4.). Pod koniec okresu nastoletniego dojrzewanie dobiega końca, a organizm jest zwykle dobrze dostosowany do nowego, podwyższonego poziomu hormonów. Warto też zauważyć, że na ten czas przypada szczyt aktywności hormonów płciowych odpowiadających za wzrost popędu seksualnego.



Dopasowanie organizmu do zwiększonego poziomu hormonów wymaga nieco czasu. Ubocznym efektem działania tych substancji może być pojawienie się trądziku lub zmiany nastroju (nie zapominaj, że hormony oddziałują też na układ nerwowy).

Dojrzewanie u kobiet

W okresie dojrzewania u kobiet pojawia się cykl jajczkowania i cykl maciczny (patrz rozdział 14.), czego widocznym objawem jest pojawienie się menstruacji. Jest ona oznaką uzyskania zdolności do rozmnażania. Ponadto rozwijają się piersi zawierające gruczoły, które są w stanie produkować mleko (gruczoły mlekowe).

Każda piersь zawiera nieco ponad 20 płatów, które wypełnione są pęcherzykami uchodzącymi do kanałów mlekowych zbiegających się w sutku. W pęcherzykach znajdują się komórki wydzielające mleko. Cały ten układ rozwija się w okresie dojrzewania, czemu towarzyszy odkładanie się chroniącej go tkanki tłuszczowej (co jest przyczyną „wzrostu piersi”). W czasie ciąży wytwarzane są hormony odpowiedzialne za wzrost ilości komórek produkujących mleko, a także powiększanie się płatów i kanałów mlekowych.

Po urodzeniu dziecka przysadka mózgowa wydziela prolaktynę, która jest hormonem stymulującym produkcję mleka — laktację. Trwa ona tak długo, jak długo dziecko jest regularnie karmione piersią. Ssanie sutka podrażnia brodawkę (ciemną obwódkę otaczającą go), z której wysłany zostaje do podwzgórza sygnał stymulujący wydzielanie oksytocyny. Hormon ten jest odpowiedzialny nie tylko za skurcze macicy w czasie porodu, ale także za obkurczanie płatków gruczołów mlekowych i wydzielanie pokarmu na zewnątrz.

W czasie dojrzewania u kobiet pojawia się też owłosienie łonowe i pachowe, a także zauważalne staje się kształtowanie kobiecej sylwetki (zwiększone odkładanie się tłuszczu na biodrach, udach i w piersiach).

Dojrzewanie mężczyzn

W okresie dojrzewania układ rozrodczy chłopców zaczyna regularnie wytwarzać nasienie, a także wydzielać testosteron. Hormon ten sprawia, że u młodych mężczyzn pojawia się gęsty, twardy zarost na twarzy, klatce piersiowej oraz w rejonie pach i narządów płciowych. Dodatkowo wykształca się u nich grubsza tkanka mięśniowa, a struny głosowe ulegają wydłużeniu, powodując pogrubienie głosu. Prącie i jądra powiększają się. Mężczyźni uzyskują też typową dla nich figurę (szeroką w ramionach i wąską w biodrach). Wszystkie te cechy wykształcają się w okresie dojrzewania.

Wiek dorosły i starczy

Dorosłość rozpoczyna się około dwudziestego roku życia i trwa do samej śmierci. Zdrowi dorośli są osobami w pełni rozwiniętymi fizycznie i (zazwyczaj) zdolnymi do rozmnażania się. Po zakończeniu okresu rozwoju i wzrostu spada ich zapotrzebowanie na energię, a także zmniejsza się ilość czasu przeznaczanego na aktywność ruchową. Dlatego też dorośli, którzy nie ograniczają swojej diety lub prowadzą siedzący tryb życia, zaczynają przybierać na wadze. Niewłaściwe odżywianie się i brak ruchu mogą wpłynąć na funkcjonowanie poszczególnych układów organizmu.

W tabeli 15.1. znajdziesz pobieżny opis zmian zachodzących w organizmie wraz z wiekiem.

Tabela 15.1. Wywołane wiekiem zmiany w organizmie i związane z nimi komplikacje

Układ	Zmiana	Konsekwencje
Układ krążenia (patrz rozdział 9.)	Powiększenie się mięśnia sercowego Pojawienie się tkanki tłuszczowej w mięśniu sercowym i wokół niego Stwardnienie i zeszywnienie zastawek Obniżenie tętna spoczynkowego Obniżenie maksymalnego tętna Osłabienie zdolności do przepompowywania krwi Ściany tętnic sztywnieją i zarastają płytkami krwi	Zwiększenie ryzyka wystąpienia zakrzepicy i zawału serca Żyłaki
Układ trawienny (patrz rozdział 11.)	Utrata uzębienia Zwolnienie perystaltyki Choroba uchyłkowa jelit Wątroba potrzebuje więcej czasu na metabolizowanie leków i alkoholu	Podniesione ryzyko wystąpienia przepukliny, nadkwaśności, wrzodów żołądkowych, hemoroidów i kamieni żółciowych Zwiększenie ryzyka zachorowania na raka okrężnicy i trzustki u osób starszych
Układ wydzielniczy (patrz rozdział 8.)	Gruzoły zmniejszają się wraz z wiekiem	Mogą pojawić się zaburzenia funkcji tarczycy oraz trzustki (cukrzyca)
Układ odpornościowy (patrz rozdział 13.)	Grasica ulega zmniejszeniu Ilość i skuteczność limfocytów T spada wraz z wiekiem	Wzrost prawdopodobieństwa wystąpienia nowotworów Większe ryzyko infekcji Większe zagrożenie wystąpieniem chorób autoimmunologicznych

Tabela 15.1. Wywołane wiekiem zmiany w organizmie i związane z nimi komplikacje — c.d.

Układ	Zmiana	Konsekwencje
Układ narządów osłonowych — powłoka skórna (patrz rozdział 8.)	Wolniejsze zastępowanie zużytych komórek naskórka	
	Włókna w skórze właściwej twardnieją i tracą kolagen, zmniejszając swą elastyczność	Wiotczenie i marszczenie się skóry
	Zmniejszenie się ilości tkanki tłuszczowej twarzy i dłoni	Wzrost wrażliwości na zimno
	Spadek liczby naczyń krwionośnych i gruczołów potowych	Obniżenie zdolności dostosowania się do wysokiej temperatury
	Spadek liczby melanocytów	Siwienie włosów, blednięcie skóry
	Zmniejszenie się liczby mieszków włosowych	Przerzedzenie włosów
Układ mięśniowy (patrz rozdział 5.)	Spadek masy ciała i siły mięśni	
	Degeneracja tkanki mięśniowej i zastąpienie jej tłuszczową lub łączną	
	Zmniejszenie liczby mitochondriów w komórkach mięśni.	Oslabienie wytrzymałości wynikające z ograniczenia dostępu do ATP
Układ nerwowy (patrz rozdział 7.)	Zmiany w układzie sercowo-naczyniowym i/lub nerwowym	Oslabienie sprawności wynikające ze spadku wydolności układu krążenia i układu nerwowego
	Obumieranie komórek nerwowych	Oslabienie pamięci, zdolności uczenia się i rozumowania logicznego
	Kurczenie się kory mózgowej	Oslabienie odruchów
	Zmniejszenie produkcji neuroprzekazników	U starszych ludzi może pojawić się choroba Alzheimera
Układ rozrodczy (patrz rozdział 14.)	Kobiety: między 45 a 50 rokiem życia następuje menopauza, czyli przerwanie cyklu jajeczkowania i cyklu macicznego. Ustaje produkcja komórek jajowych oraz wydzielanie progesteronu i estrogenu	Marszczenie się skóry, osteoporoza i zwiększenie się ryzyka wystąpienia zawału serca
	Mężczyźni: możliwy spadek ilości wytwarzanego testosteronu po przekroczeniu 50. roku życia; zmniejszenie się ilości plemników	Zaburzenia krążenia i innych funkcji ciała mogą wywołać impotencję

Tabela 15.1. Wywołane wiekiem zmiany w organizmie i związane z nimi komplikacje — c.d.

Układ	Zmiana	Konsekwencje
Układ oddechowy (patrz rozdział 10.)	Spadek pojemności oddechowej	Zwiększenie możliwości wystąpienia zapalenia płuc oraz innych infekcji
	Ograniczenie zdolności do wymiany gazowej na skutek zgrubienia naczyń włosowatych; utrata elastyczności mięśni klatki piersiowej	
Układ kostny (patrz rozdział 4.)	Zwapnienie chrząstek pociągające za sobą spadek ich wytrzymałości	Zwiększenie zagrożenia osteoporozą
	Przewaga resorpcji tkanki kostnej nad jej wytwarzaniem	Wydłużenie czasu potrzebnego na zrastanie się złamanych kości
Układ moczowy (patrz rozdział 12.)	Zmniejszenie się wielkości nerek i spowolnienie ich działania	Wzrost szansy wystąpienia kamieni nerkowych
	Zmniejszenie się pojemności pęcherza	Nietrzymanie moczu
	Powiększenie się prostaty (u mężczyzn)	Częstsze oddawanie moczu
		Większe ryzyko pojawienia się infekcji dróg moczowych



Zdaję sobie sprawę z tego, że powyższa lista jest dość długa, jednakże zdrowa dieta, regularne ćwiczenia i picie dużej ilości płynów pozwalają zapobiec pojawieniu się wielu niepożądanych zmian. Większość problemów zdrowotnych pojawiających się od osiągnięcia wieku średniego jest skutkiem nieodpowiedniego trybu życia. Palenie, złe odżywianie, brak ćwiczeń czy przepracowanie mogą poważnie odbić się na naszym zdrowiu w późniejszych latach, przyczyniając się do powstania chorób serca, nowotworów i cukrzycy, że wymienię tylko najpowszechniejsze dolegliwości.

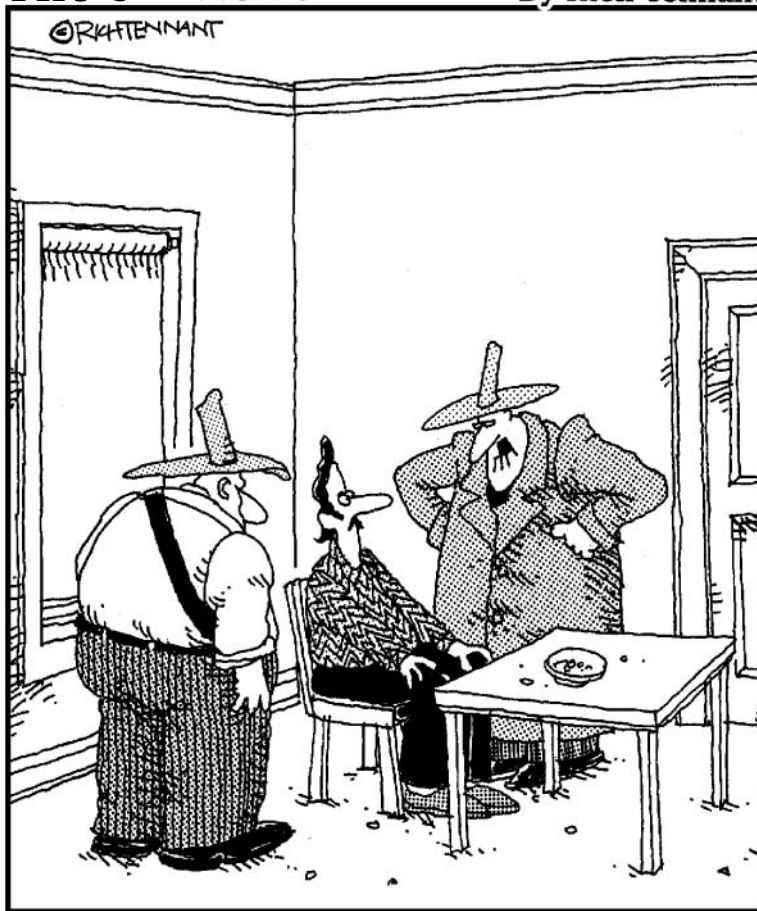
Rozwój jednostki ludzkiej jest procesem złożonym i fascynującym. Życie naprawdę jest cudownym darem. Postaraj się więc szanować je i dbać o własne zdrowie, aby móc na własnej skórze przekonać się, do czego zdolny jest ludzki organizm, jeśli tylko da mu się szansę. W rozdziale 16. znajdziesz dziesięć sposobów na utrzymanie dobrej formy, które warto samemu wypróbować.

Część V

Dekalogi

The 5th Wave

By Rich Tennant



Frank uczył fizjologii w liceum, więc lepiej
zaczniij mówić, jeżeli cenisz swoje wyrostki
jarzmowe i zatoki nosowe

W tej części...

W tej części zamieszczamy coś, z czego znane są wszystkie książki z serii *Dla bystrzaków*. Mowa oczywiście o dekalogach. W rozdziale 16. postaram się przybliżyć Ci dziesięć sposobów na utrzymanie organizmu w dobrej formie. W rozdziale 17. otrzymasz natomiast adresy dziesięciu najlepszych stron internetowych, na których znajdziesz dodatkowe dane dotyczące zagadnień opisywanych w poprzednich rozdziałach tej książki. Mam nadzieję, że wszystkie zamieszczone w tej części informacje okażą się przydatne.

Rozdział 16

Dziesięć sposobów na utrzymanie zdrowia i dobrej formy

W tym rozdziale:

- Dostarczanie ciału tego, czego potrzebuje.
 - Dostrzeganie problemów.
-

Kiedy przejedziesz 5 tys. kilometrów, wymieniasz w swoim samochodzie olej. Regularnie sprawdzasz też paski, płyny i filtry. Co jakiś czas oddajesz samochód do warsztatu na rutynowy przegląd. Czy jednak tak samo dbasz o swoje własne ciało? Pamiętaj, że przy należytej trosce Twój organizm jest w stanie funkcjonować znacznie dłużej niż najtrwalsze nawet samochody — wystarczy jedynie konsekwentnie dbać o jego stan. Pomoże Ci w tym lista dziesięciu czynności. Ich wykonywanie pozwoli Ci utrzymać się w doskonałej formie przez długie lata. Poszczególne punkty nie zostały ułożone w żadnym konkretnym porządku i wszystkie są tak samo ważne.

Pij wodę

Odpowiednie nawodnienie organizmu jest niezwykle ważne dla Twojego zdrowia. Kawa, herbata i coca-cola zawierają kofeinę posiadającą silne właściwości diuretyczne. Napoje te, choć składają się głównie z wody, nie zapewniają odpowiedniego nawodnienia. Gdy odczuwasz pragnienie, Twoje ciało daje Ci w ten sposób do zrozumienia, że potrzebuje dodatkowych płynów, aby rozcieńczyć zgęstniałą krew czy też zwiększyć objętość płynu wewnątrzkomórkowego w celu zapewnienia należytego przebiegu metabolizmu. Kofeina sprawia zaś, że wydaliśmy więcej wody niż spożywamy we wspomnianych napojach. Owszem, rozumiem, że picie samej wody może być nużące, dlatego od czasu do czasu dobrze jest zjeść owoce lub napić się czegoś dobrego, co nie zawiera kofeiny.

Jeśli w chłodnicy samochodu zabraknie wody, silnik może ulec przegrzaniu, prawda? Twój organizm działa tak samo. Pot składa się głównie z wody i jest wydzielany w chwili, gdy ciało chce oddać nieco ciepła na zewnątrz. Dlatego też niedobór wody w organizmie uniemożliwia właściwe kontrolowanie temperatury ciała.

Woda odgrywa też niezwykle ważną rolę w procesie utrzymywania właściwego ciśnienia krwi. Im więcej płynu znajduje się w tej ostatniej, tym jej ciśnienie jest większe. Jeżeli zatem Twój organizm jej odwodniony, czyli obniżona jest zawartość płynów we krwi, skutkuje to spadkiem ciśnienia. Z początku może się to wydawać dobrym objawem, ale przy obniżonym ciśnieniu naczynia krwionośne zwężają się, co ponownie je podnosi, wywołując przy tym ból głowy. Swoją drogą, czy wiesz, że pobranie krwi trwa dłużej, gdy pacjent lub dawca jest odwodniony?

Jeżeli ciśnienie tętnicze jest niskie, to ciśnienie żyłne jest jeszcze niższe, przez co produkty przemiany materii niesione przez krew żyłną pozostają w organizmie zbyt długo. Odwodnienie wpływa też na sposób ich usuwania. Jako że organizm nie może niepotrzebnie pozbywać się wody, gdyż jest mu ona niezbędna do przeprowadzania procesów metabolicznych, zaczyna odzyskiwać ją z układu wydalniczego i pokarmowego. W wyniku tego mocz jest wtedy gęstszy i ciemniejszy, a stolce stają się twardsze, co po dłuższym czasie może doprowadzić do powstania hemoroidów.

Pomóż swojemu organizmowi utrzymać równowagę i pij odpowiednio dużo wody. Co to znaczy „odpowiednio dużo”? Lekarze zakładają, że codziennie powinno się spożywać co najmniej 2 litry płynów. Postaraj się mieć zawsze pod ręką butelkę wody i pij na zdrowie!

Jedz warzywa i owoce

Owoce i warzywa są bardzo zdrowe, więc należy je jeść jak najczęściej (zaleca się spożywanie ich 3 – 9 razy dziennie, zależnie od porcji). Ten rodzaj produktów żywnościowych zawiera bardzo wiele istotnych składników, takich jak mikroelementy, witaminy czy błonnik, bez których ciało nie jest w stanie poprawnie funkcjonować. Obecnie coraz większa liczba osób zastępuje je preparatami witaminowymi czy sokami wzbogaconymi błonnikiem, dużo lepiej jest jednak zjeść świeże owoce, gdyż dostarcza się wtedy organizmowi wszystkiego, czego ten potrzebuje.

Warzywa i owoce zawierają naturalne witaminy i mikroelementy, które w większości przypadków są lepiej przyswajane niż te same substancje podane w postaci leku. Do czego są one potrzebne? Mikroelementy to nieorganiczne pierwiastki odpowiedzialne za produkcję niezbędnych dla organizmu związków. Witaminy są z kolei nieodzowne dla właściwego przebiegu procesów

metabolicznych. Twoje ciało nie jest w stanie samo z siebie ich wytwarzać, musi więc przyswajać je z zewnątrz. Po co więc męczyć się z mało pożywnym jedzeniem i tabletkami, skoro można od razu zjeść coś, co będzie świeże, smaczne i zdrowe? Poza tym, surowe owoce i warzywa zawierają mało kalorii i bardzo niewiele tłuszczów.

Błonnik z owoców i warzyw pomaga utrzymać Twój układ trawienny w dobrym stanie, gdyż dobrze wpływa na siłę mięśni odpowiedzialnych za ruchy perystaltyczne, umożliwiając przy tym skuteczne usuwanie produktów przemiany materii. Substancje, które pozostają w układzie zbyt długo, mogą doprowadzić do uszkodzenia tkanki, co zwiększa ryzyko powstania nowotworu. Ponadto błonnik wywołuje uczucie sytości, dzięki czemu człowiek ma mniejszą ochotę na wysokokaloryczne i mało odżywcze pokarmy. Spożywanie go pomaga w regulowaniu apetytu. Im bardziej sycące są bowiem posiłki, tym mniejsza jest skłonność do podjadania między nimi.

Warzywa i owoce są smaczne, zdrowe, a do tego bardzo estetycznie wyglądają. Czy jest zatem jakiś powód, dla którego ktoś miałby rezygnować z nich na rzecz kiepskiego jedzenia?

Ćwicz regularnie (nie tylko od święta)

Wielu z nas często zaczyna ćwiczyć (albo chodzić na treningi), aby poprawić swoją figurę i kondycję. Niestety, często kończy się to szybkim znudzeniem i rezygnacją. Nie jest to dziwne, zważywszy na to, jak napięty bywa nasz plan dnia. Jednakże ćwiczenia są na tyle ważne, że należy znaleźć na nie czas, podobnie jak na higienę osobistą. Są po prostu zbyt istotne, by z nich rezygnować.

Być może cały proces wygląda następująco: zaczynasz ćwiczyć, męczysz się i wracasz do domu odpocząć. Na razie wszystko jest w porządku, gdyż przesadne zmęczenie też jest niezdrowe. Odpoczywając, możesz jednak uznać, że siedzenie na kanapie jest znacznie przyjemniejsze niż siedzenie na siodelku roweru. Po pewnym czasie zauważasz, że brak ćwiczeń nieco Ci zaszkodził, więc starasz się odzyskać formę. Po kilku tygodniach znowu jednak odczuwasz przeciążenie, zaczynasz odpoczywać i cały cykl powtarza się od nowa.

Przerwij ten zaklęty krąg! Zacznij od lekkich ćwiczeń, aby nie przetrenować się na samym początku. Uczyni ćwiczenia jednym z punktów swojego rozkładu dnia. Możesz np. wstać, pójść do łazienki, umyć zęby, napić się wody i zacząć ćwiczyć. Badania wykazały, że poranna gimnastyka ma większe szanse

wykształcenia odpowiednich nawyków niż ćwiczenia wykonywane o innych porach dnia. Postaraj się, aby weszło Ci to w krew. Jeżeli już musisz mieć jakieś nawyki, niech będą one jak najlepsze.

Ćwiczenia podnoszą tętno, przyspieszając krążenie. W ten sposób szybciej pozbywasz się dwutlenku węgla, co wymusza szybsze oddychanie. To z kolei przekłada się na poprawienie zaopatrzenia organizmu w tlen, dzięki czemu możliwe jest zwiększenie tempa jego procesów metabolicznych. Dlatego właśnie ćwiczenia aerobowe (wykorzystujące tlen) pomagają w spalaniu glukozy i tłuszczów. Usuwanie nadmiaru tych substancji z organizmu zmniejsza ryzyko wystąpienia cukrzycy i chorób serca. Rozszerzanie się naczyń krwionośnych i przyspieszanie akcji serca poprawia wydajność mięśnia sercowego i chroni tętnice przed zmianami miażdżycowymi. Ćwiczenia fizyczne poprawiają siłę mięśni i kości oraz ich zdolności do regeneracji w późniejszym wieku. W tym przypadku bardzo prawdziwe jest powiedzenie „kto się nie rozwija, ten się cofa”. Weź je sobie do serca!

Nie żałuj kremu do opalania

Korzystanie z kremu do opalania chroniącego przed szerokim zakresem promieniowania ultrafioletowego jest najlepszym sposobem zapobiegania rakowi skóry. Kremy takie chronią zarówno przed promieniowaniem A (UV-A), które wysusza i wywołuje zmarszczenie naskórka, jak i przed groźnym promieniowaniem B (UV-B), będącym przyczyną powstawania nowotworów. Oczywiście najlepszą profilaktyką jest unikanie słońca, ale nie jest to rozsądne, gdyż umiarkowane nasłonecznienie jest korzystne dla organizmu. Umożliwia ono bowiem produkcję witaminy D, niezbędnej do właściwego kształtowania się kośćca i utrzymywania równowagi wapnia i fosforu. Dodatkowo światło słoneczne zmniejsza ryzyko wystąpienia depresji, zwłaszcza u ludzi podatnych na sezonowe obniżenie nastroju (a także tych żyjących w okolicach koła polarnego). Jednakże dla właściwego funkcjonowania wystarczy kilka minut naświetlania się promieniami słońca dziennie, a każda większa dawka jest potencjalnie szkodliwa. Nie ma czegoś takiego jak „zdrowa opalenizna”, gdyż ciemniejszy odcień skóry jest najzwyczajniej w świecie oznaką jej uszkodzenia, niezależnie od tego, czy powstało ono w wyniku oddziaływania światła słonecznego, czy lampy na solarium. Kremu do opalania należy używać przez cały rok, nie tylko w lecie, na plaży, czy podczas uprawiania bądź oglądania sportów. Na działanie promieni słonecznych wystawiasz się bowiem także w chwili, gdy prowadzisz samochód lub siedzisz przy oknie. Dlatego też, kiedy wychodzisz na otwartą przestrzeń, noś przy sobie dużą tubkę kremu z filtrem i używaj go kilka razy dziennie.

Poświęcaj od 7 do 9 godzin na sen

Wiele osób żałuje, że nie mogą spać tyle, ile by chciały. Często jednak oznacza to, że nie tyle cierpią one na bezsenność, co odwlekają moment udania się na spoczynek, czytając książki lub oglądając telewizję. Jeżeli zrezygnujesz z takich nocnych nawyków, bez trudu zapewnisz sobie właściwą ilość snu. A jak określić, ile snu Ci potrzeba? To proste. Kiedy tylko zaczniesz ziewać lub poczujesz się śpiący, natychmiast idź do łóżka i wyłącz alarm. Zaręczam Ci, że wstaniesz na czas bez pomocy radia, budzika czy innego urządzenia. Pozwól sobie zasnąć i zbudzić się w chwili, gdy Twój organizm uzna, że wypoczął już dostatecznie.

Postaraj się zapamiętać lub zapisać, ile trwał sen. Jeżeli naprawdę czujesz chroniczne zmęczenie, możesz przez kilka dni spać nieco dłużej niż zwykle. Jeśli jednak przez kilka tygodni będziesz chodzić spać w chwili zmęczenia i budzić się bez budzika, przyzwyczaisz swój organizm do zasypiania i wstawania o konkretnej godzinie. Średni czas snu oznaczać będzie Twoje faktyczne zapotrzebowanie na odpoczynek. Być może odkryjesz, że samodzielne budzenie się, bez korzystania z pomocy urządzeń, jest znacznie przyjemniejszym sposobem rozpoczynania dnia. Dobry sen pozwala bowiem być odpężonym i wypoczętym, a także ułatwia znoszenie napięć, w jakie obfituje dzień powszedni.

Ciało potrzebuje snu, aby się należycie zregenerować. Naprawa komórek i produkcja nowych jest znacznie intensywniejsza w nocy, kiedy odpoczywamy. Gdy coś robimy, większość energii poświęcona zostaje na procesy metaboliczne, tymczasem regeneracja przebiega najsprawniej, gdy nasze działanie ogranicza się do niezbędnego minimum. Także mózg odpoczywa w czasie snu (choć to, dlaczego sen jest niezbędny, nie zostało jednoznacznie wyjaśnione). Ludzie śpiący zbyt mało są bardziej podatni na choroby i szybciej się męczą. Pozbawienie snu przez długi czas może być nawet śmiertelne, dlatego należy dbać o sen i nie powinno się zastępować go zbędnymi czynnościami przedłużającymi się do późnych godzin nocnych.

Odpęź się

Jeżeli nie śpisz odpowiednio długo (patrz wyżej), być może jest to wynikiem niemożności skutecznego zrelaksowania się. Sama często myślałam, że kiedy staram się odpężyć po pracy, daję tym samym dowód swojego lenistwa. Kiedy jednak dorosłam, zrozumiałam, że bardziej marnuję swoją energię, kiedy nie korzystam z odpoczynku, gdyż moja praca staje się mniej efektywna. Kiedy pozwalam sobie na relaks (nawet jeżeli jest to 10 minut siedzenia z zamkniętymi oczami w cichym pomieszczeniu), wracam do pracy z większą werwą i sprawniej wykorzystuję swoją energię.

Odkryłam również, że rozluźnianie mięśni co jakiś czas bardzo korzystnie wpływa na moje zdrowie. Jestem mniej spięta w nocy, więc łatwiej mi zasnąć i mam więcej cierpliwości do dzieci i męża. Ponadto nie zdarzają mi się wtedy skurcze mięśni, które czasami dają mi się we znaki, gdy jestem przepracowana.

Odpężenie obniża też ciśnienie krwi, co jest niezwykle korzystne dla osób z nadciśnieniem. Poza tym umożliwia ono rozluźnienie mięśni szkieletowych i gładkich, co obniża nacisk na poszczególne narządy wewnętrzne, zmniejszając ryzyko wystąpienia takich niepożądanych objawów, jak nadciśnienie, biegunki czy zawał serca. Ludzie odpęniają się na różne sposoby. Niektórzy słuchają muzyki klasycznej, czytają książki, piją herbatę (bez kofeiny rzecz jasna), leżą, idą na spacer, przytulają dzieci, głaszczą zwierzęta, biorą kąpiel czy uprawiają seks. Każde z tych działań to świetna metoda. Postaraj się zatem zrelaksować i doceniać to, co w życiu przyjemne.

Jedz owsiankę i inne ziarna

Jedzenie owsianki może obniżyć poziom cholesterolu we krwi, co zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia chorób serca. To powinno zachęcić Cię do jej spożywania na śniadanie każdego dnia. Pełne ziarna zbóż są też świetnym źródłem błonnika, witamin z grupy B (poprawiających wykorzystanie energii zawartej w pożywieniu), witaminy E (chroniącej przed utlenianiem komórek) oraz mikroelementów. Są one bardzo zdrowe, smaczne i sycące, dlatego też szczególnie poleca się je osobom dbającym o linię.

Myj ręce

Mam nadzieję, że mycie rąk jest Twoim dawno wytworzonym nawykiem, gdyż pozwala ono ograniczyć przenoszenie zarazków chorobotwórczych. Obgryzanie paznokci, tarcie oczu, dłubanie w nosie czy drapanie się w ucho brudnymi rękami może bardzo szybko doprowadzić do powstania infekcji. Dodatkowo bagatelizowanie mycia rąk może przyczynić się do przenoszenia zarazków na innych ludzi bądź na przedmioty, z którymi się oni stykają.

Infekcje bakteryjne można zwalczać antybiotykami, ale środki te tracą swoją skuteczność, jeżeli są używane zbyt często. Dlatego też znacznie wygodniej jest po prostu zapobiegać chorobom poprzez mycie rąk, co jest nie tylko higieniczne, ale też kulturalne, gdyż w ten sposób dbasz o zdrowie swoje i otaczających Cię osób. Do mycia używaj mydła i dużej ilości ciepłej wody, starając się robić to przez co najmniej kilkanaście sekund.

Kiedy myjesz ręce w toalecie publicznej, staraj się dotykać jak najmniejszej liczby przedmiotów. Jeżeli nie chcesz wyjść z niej z rękami brudniejszymi niż wcześniej, zakręcaj kurki i naciskaj klamki przez papierowy ręcznik, a drzwi otwieraj stopą, biodrem lub łokciem. Niestety, bardzo wielu ludzi nie myje rąk po skorzystaniu z WC, przez co znajdujące się tam przedmioty wręcz tętnią mikroskopijnym życiem.

Jeśli znajdujesz się w miejscu, w którym nie ma wody (np. na biwaku czy w podróży), a musisz, dajmy na to, zmienić dziecku pieluchę, stosuj preparaty bakteriobójcze dostępne w postaci żeli, płynów i środków do nasączania chusteczek. Badania wykazują jednak, że zwykłe mydło i ciepła woda usuwają bakterie równie skutecznie, jak drogie produkty tego typu. Naukowcy zwracają też uwagę na to, że zbyt częste używanie silnych środków bakteriobójczych może doprowadzić do pojawienia się bakterii silniejszych i bardziej odpornych na chemikalia.

Przeprowadzaj samodzielne badania piersi lub jąder

Ludzie obojga płci powinni badać się co miesiąc, aby sprawdzić, czy w tkance piersi lub jąder nie powstają guzki lub inne zmiany. Jądra są zawieszone luźno w mosznie, więc bardzo łatwo jest skontrolować za pomocą dotyku, czy nie pojawiają się na nich stwardnienia czy guzy. Choć ich rak jest znacznie rzadszy niż rak piersi, regularne, proste badania pozwalają lepiej poznać własne ciało i wykrywać ewentualne zmiany tak szybko, jak to tylko możliwe.

Badania piersi powinny być wykonywane pod prysznicem, najlepiej w tydzień po zakończeniu miesiączki. Woda zwiększa wrażliwość dotyku i ułatwia gładkie przesuwanie palców po skórze. Badanie takie można też przeprowadzać na leżąco. Część kobiet wykrywa w swoich piersiach włókniste cysty, które „rozpychają” tkankę piersi, wywołując lokalne zgrubienia. Wypełnione płynem, są one jednak miękkie w dotyku i względnie swobodnie poruszają się w tkance tłuszczowej piersi, podczas gdy łagodne i złośliwe guzy są twardsze i mniej mobilne. Jeśli jednak wyczujesz jakiegokolwiek zmiany, na wszelki wypadek udaj się do lekarza. Po przekroczeniu wieku 35 – 40 lat kobiety powinny przeprowadzać też regularne badania mammograficzne.

Uczęszczaj na regularne badania

Pamiętaj, że Ty i Twój lekarz tworzycie zespół, którego zadaniem jest utrzymywanie Twojego zdrowia w jak najlepszym stanie. Dużo łatwiej i taniej jest zapobiegać chorobom niż je później leczyć. Gdy jednak zdarzy Ci się zachorować, nie rozpaczaj, gdyż przy odpowiedniej opiece medycznej i uczciwych próbach poprawienia swojego stanu (wliczając w to branie przepisanych leków i stosowanie się do zaleceń lekarza) większość chorób da się wyleczyć. Organizm dysponuje niezwykle skutecznymi mechanizmami regeneracji, więc przy stosownym wsparciu ze strony lekarzy człowiek zwykle jest w stanie poprawić i utrzymać dobry stan zdrowia. Staraj się zapisywać lub zapamiętywać terminy wszystkich wizyt, wyniki badań, otrzymane szczepienia, przepisane leki oraz wskazówki lekarza. Dzięki temu co jakiś czas będziesz w stanie wspólnie z nim przejrzeć swoją „historię pacjenta” i ocenić, czy zapobieganie i leczenie konkretnych chorób będzie wymagało podjęcia specjalnych kroków.

Rozdział 17

Dziesięć dobrych stron internetowych poświęconych anatomii i fizjologii

.....

W tym rozdziale:

- Szukanie w sieci informacji na temat anatomii i fizjologii.
 - Poszukiwanie quizów, animacji i przekrojów ciała.
-

Iezeli interesujesz się biologią i działaniem ludzkiego ciała, na pewno zechcesz zajrzeć na opisane niżej strony i serwisy internetowe. Nie są to, rzecz jasna, najlepsze strony dostępne w internecie, ale w moim odczuciu wszystkie bardzo pomagają zrozumieć sposób działania organizmu ludzkiego. Mam nadzieję, że przedstawione tu źródła „podadzą Ci pomocną dłoń” w dziedzinie anatomii.

Medisa.pl

<http://www.medisa.pl/>

Strona ta jest swego rodzaju encyklopedią anatomii, fizjologii oraz patofizjologii człowieka. Możesz znaleźć na niej dość pobieżne opisy wszystkich narządów ludzkiego ciała, od największych mięśni do poszczególnych gruczołów. Największym jej atutem jest jednak bardzo obszerny, alfabetyczny spis chorób i zaburzeń atakujących poszczególne układy i narządy organizmu człowieka. Informacjom tym towarzyszą też podstawowe wiadomości na temat objawów, rozpoznawania i leczenia poszczególnych nieprawidłowości.

Anatomia człowieka żywego

www.ib.amwaw.edu.pl/anatomy/edu/czlek/czlek.htm

Jest to strona Zakładu Anatomii Prawidłowej AM w Warszawie, na której można znaleźć szczegółowy opis poszczególnych części oraz układów ciała, a także sporą liczbę zdjęć poglądowych. Informacje tam przedstawione mają formę skryptu, gdyż przeznaczone są przede wszystkim dla osób zainteresowanych studiowaniem medycyny bądź dla samych studentów. Są one jednak zebrane i zaprezentowane w sposób na tyle przystępny, że przeciętny użytkownik serwisu nie powinien mieć żadnych kłopotów ze znalezieniem poszukiwanych wiadomości.

Przychodnia.pl

www.przychodnia.pl

Strona Pierwszej Polskiej Przychodni Internetowej, jak sama nazwa wskazuje, poświęcona jest przede wszystkim ochronie zdrowia. Jednakże, poza wieloma informacjami dotyczącymi prowadzenia właściwego trybu życia i podstawowej profilaktyki zdrowotnej, możesz na niej znaleźć sporo wiadomości o funkcjonowaniu najważniejszych narządów ciała oraz przebiegu i podłożu najpowszechniejszych chorób i zaburzeń. Poza tym na stronie zamieszczono też podstawowe wiadomości na temat ważnych ośrodków medycznych w Polsce oraz katalog powszechnie stosowanych leków.

Wikipedia.pl

www.wikipedia.pl

Potrzebujesz pomocy w zadaniu domowym? Chcesz się czegoś nauczyć? Przygotowujesz projekt na szkolną wystawę? Szukasz odnośników do pracy naukowej poświęconej jakiejś tematyce? Nie musisz dłużej szukać. Poza wieloma innymi informacjami, w Wikipedii, wolnej encyklopedii internetowej, znajdziesz bardzo szczegółowe opisy poszczególnych części ciała, narządów i mechanizmów zachodzących w organizmach żywych. Wiadomości te są wzbogacone licznymi zdjęciami, rysunkami i animacjami, a dodatkowo podane są w bardzo zwięzłej i przystępnej formie.

Resmedica.pl

<http://www.resmedica.pl/>

Resmedica.pl to serwis lekarski, w którym znaleźć można bardzo szczegółowe dane na temat poszczególnych chorób i zaburzeń, a także metod ich leczenia. Oprócz katalogu chorób zawiera on także równie obszerne informacje o anatomii i fizjologii człowieka. Uwagę zwraca wykaz powszechnie stosowanych zabiegów medycznych wraz z ich dokładnym opisem. Serwis ten skierowany jest przede wszystkim do osób pragnących pogłębić swoją wiedzę medyczną i studentów medycyny oraz kierunków pokrewnych, ale jasny i klarowny sposób przedstawienia informacji sprawia, że każdy użytkownik będzie mógł znaleźć tam coś dla siebie.

Anatomy and Physiology

www.msms.doe.k12.ms.us/biology/anatomy/apmain.html

Strona ta skierowana jest przede wszystkim do uczniów szkół średnich. Poszczególne jej sekcje opisują kolejne części ciała i układy narządów. Kliknięcie na rysunki powoduje wyświetlenie opisu danego układu i jego poszczególnych elementów. Nawigacja jest bardzo prosta, gdyż każdej stronie towarzyszy rozwijane menu. Strona zawiera efekty dźwiękowe (ciekawe są zwłaszcza odgłosy działania układu trawiennego) i kolorowe ilustracje. Co prawda, powstała ona sześć lat temu, ale od tego czasu ludzkie ciało raczej nie uległo zmianom, więc przedstawione tam informacje i zdjęcia są wciąż bardzo wartościowe.

Tangentscientific.com

www.tangentscientific.com

Jeżeli chcesz wydać nieco pieniędzy na materiały elektroniczne lub programy przeznaczone do nauki anatomii (i innych dziedzin), przejrzyj ofertę serwisu Tangent Scientific Supply. Wśród oferowanych przez tę firmę towarów znajdują się także edukacyjne programy poświęcone anatomii i fizjologii. Jednym z nich jest A.D.A.M, czyli wirtualne narzędzie do prowadzenia „sekcji”, ukazujące poszczególne warstwy ciała ludzkiego. Program ten zawiera ponad 18 tys. zdjęć wykonanych podczas autentycznych sekcji zwłok, przez co jego wartość jest nie do przecenienia, zwłaszcza jeśli masz zamiar poważnie studiować medycynę, a masz już dość zapachu formaliny

i chcesz pouczyć się z dala od prosektorium. Sieciowe kursy oferowane przez firmę Tangent pozwalają zdobywać faktyczną wiedzę. Płacąc około 200 dolarów, możesz otrzymać roczną subskrypcję jednego z produktów związanych z programem A.D.A.M.

Bio201

www.gwc.maricopa.edu/class/bio201

Strona ta zawiera kurs anatomii i fizjologii prowadzony w GateWay Community College w Phoenix w stanie Arizona. Możesz tu znaleźć problemy poruszane w czasie kursu, istotne wskazówki dotyczące nauki oraz pisanie prac, a także wiele innych informacji pomagających przyswajać wiedzę. Oprócz nich serwis Bio201 zawiera animowane przewodniki (wykorzystujące JavaScript), np. CyberHeart poświęcony wstępowi do kardiofizjologii. Moim ulubionym elementem tej strony jest jednak sekcja „Cool Biomedical Site of the Moment” przekierowująca do losowo wybranej strony poświęconej fizjologii. Klikając w ten odnośnik, możemy przejść do Journal of American Medical Association (biuletynu Amerykańskiego Stowarzyszenia Lekarzy), Healthy News Daily (aktualizowanych codziennie informacji poświęconych ochronie zdrowia i medycynie alternatywnej), CNN Health (kanału telewizji CNN poświęconego zdrowiu), Mayo Medical Daily News (informacji z przychodni Mayo) oraz Heart Healthy (strony poświęconej dbaniu o serce i układ krążenia). Możesz też zażyczyć sobie, aby serwis codziennie informował Cię o pojawiających się informacjach.

Innerbody.com

www.innerbody.com

Serwis Innerbody.com zawiera liczne zdjęcia poszczególnych części naszego organizmu. Po kliknięciu na jedno z nich uzyskujemy powiększenie z zaznaczonymi zielonymi i czerwonymi punktami. Jeżeli chcesz, możesz zgadywać, co one oznaczają, zanim sprawdzisz ich opis. Ponadto na stronie znajduje się wiele zdjęć, obrazów i opisów niemalże każdego narządu ludzkiego ciała.

Madsci.org

www.madsci.org/~lynn/VH/annotated.html

Jeśli chcesz obejrzeć jakiś narząd na zdjęciu lub w animacji, możesz zajrzeć na stronę projektu dr nauk med. Lynn Bry ze szpitala kobiecego afiliowanego przy Akademii Medycznej Uniwersytetu Harvarda w Bostonie, w stanie Massachusetts. Dr Bry zebrała ponad 18 tys. zdjęć ludzkiego ciała zgromadzonych w Narodowym Księgozbiorze Medycznym i na Uniwersytecie Waszyngtona w St. Louis w stanie Missouri, a następnie wykorzystała je do stworzenia serwisu przybliżającego funkcjonowanie organizmu człowieka. Oprócz zdjęć, które laikowi nie muszą mówić zbyt wiele, na stronie znajdziesz też wiele wyczerpujących opisów i wyjaśnień. Jeśli masz ochotę, możesz obejrzeć animację „przelotu” przez ludzką okrężnicę. Nie muszę mówić, że jest to naprawdę niecodziennie doświadczenie.

Skorowidz

A

ACE, 247
ACTH, 163, 169
adenina, 54, 60
adenozynodwufosforan, 104
adenozynomonofosforan, 104
adenozynotrójfosforan, 44, 65, 102
ADH, 163, 168, 169, 196, 247
ADP, 104
adrenalina, 174, 196
agranulocyty, 184, 259, 260
AIDS, 269, 290
akrosomy, 281
akson, 74, 143
aktyna, 102
akwedukt, 152
albumina, 182
aldosteron, 173, 174
alergie, 269
alkoholizm, 233
alopecia, 126
aminokwasy, 54
amoniak, 242
AMP, 104, 165
amylaza, 226
amylaza ślinowa, 220
anaboliczny, 44
anabolizm, 65
anafaza, 59
anafilaksja, 269
anatomia, 27, 28
 rozwojowa, 28
Anatomia człowieka żywego, 326
Anatomy and Physiology, 327
anemia sierpowata, 199
angiotensyna I, 246

angiotensyna II, 247
angiotensynogen, 246
ANP, 247
antygeny, 257, 263
aorta, 189
aparat Golgiego, 65
apokrynowe gruczoły potowe, 128
apopleksja, 198
arterioskleroza, 198
artralgia, 268
astma, 210
 egzogenna, 211
 endogenna, 211
astrocyty, 143
atak serca, 198
atenuowane wirusy, 266
atlas, 87
atomy, 32
ATP, 44, 46, 47, 49, 65, 102, 103, 105, 171, 281
atrofia, 106
autotrawienie, 67

B

badania, 324
 jądra, 323
 piersi, 323
 USG, 297
bakteria E. coli, 224
barwa skóry, 123
bazofile, 184, 260
beta-blokery, 197
bezplodność, 290
beztlenowe oddychanie komórkowe, 48
białe krwinki, 182, 183, 184
białe włókna, 71
białka, 66

białko głównego układu zgodności tkankowej, 264, 265
białko osocza, 227
biceps, 91, 114
biegunka, 230
bilirubiny, 232
Bio201, 328
biodra, 90
bioinżynieria, 29
blastocysta, 298
blaszka sitowa, 84
blaszki podstawne, 126
bliźnięta
 dwujajowe, 301
 jednoajajowe, 301
błoczek, 91
błona dopochwowa, 287
błona komórkowa, 64
błona mięśniowa, 221
błona oddechowa, 207
błona plazmatyczna, 64
błona podśluzowa, 221
błona surowicza, 205, 221
błona śluzowa, 203, 221, 253
błona środkowa, 193
błona wewnętrzna, 192
błona zewnętrzna, 193
błony płodowe, 297
bodźce słuchowe, 154
bradykardia, 191
bradykinina, 261
bruzda międzyguzkowa, 91
bruzdkowanie, 296, 298
budowa błony komórkowej, 66
budowa ciała, 30
burza hormonów, 162

C

CCK, 173
cement, 219
centralny układ nerwowy, 140
cewka moczowa, 245
chemia, 32
chemoreceptor, 154, 206
Chlamydia trachomatis, 288

chłamydioza, 288
chłonka, 71, 254
cholecystokinina, 173, 223
choroby
 Alzheimera, 152, 158
 autoimmunologiczne, 267
 Gravesa-Basedowa, 178
 Hashimoto, 178
 Leśniowskiego-Crohna, 229
 serce, 198
 skóra, 132
 układ moczowy, 249
 układ trawienny, 228
 weneryczne, 288
 wieńcowa, 198
chromatydy, 58
chromatyna, 53
chromosomy, 53
 potomne, 59
 X, 281
chroniczne zaburzenie pracy płuc, 215
chroniczne zapalenie oskrzeli, 212
chrząstka nasadowa, 81
chrząstka tarczowata, 203
chrząstki, 72
chrząstki żebrowe, 89
ciałko Meissnera, 124
ciałko Paciniego, 124
ciałko Ruffiniego, 124
ciałko szkliste, 156
ciałko żółte, 277
ciało, 30
ciało ketonowe, 243
ciało modelowate, 149
ciągłość nabłonka, 69
ciąża, 284, 295
 bruzdkowanie, 296, 298
 cukrzyca, 303
 drugi trymestr, 299
 komplikacje, 302
 krwawienie, 302
 łożysko przodujące, 303
 morfogeneza, 298
 oderwanie łożyska, 303
 pozamaciczna, 302
 rozszerzenie szyjki macicy, 303

różnicowanie, 298
 rzucawka, 303
 stan przedrzucawkowy, 303
 trymestry, 295
 trzeci trymestr, 300
 zapobieganie, 286
 zarodek, 296
 zygota, 296
 ciśnienie krwi, 50, 195, 246
 ciśnienie krwi w naczyniu włosowatym, 68
 ciśnienie osmotyczne, 68
 ciśnienie tętnicze, 195, 197
 CoA, 47
 cukrzyca, 172, 176, 233
 kobiety ciężarne, 303
 CUN, 140, 151
 cyjanek, 124
 cyjanoza, 124
 cykl jajczkowania, 276
 cykl jajnikowy, 276
 cykl komórkowy, 66
 cykl Krebsa, 45, 46, 47
 cykl kwasu cytrynowego, 46
 cykl kwasu trójkarboksylowego, 46
 cykl maciczny, 277
 cykl menstruacyjny, 275
 cykl pracy serca, 190
 cykl życia, 48
 cykliczny adenozymonofosforan, 165
 cytoplazma, 64
 cytotoksyczne limfocyty T, 265
 cytozyna, 54
 czaszka, 83
 kości ciemienia, 84
 kości łzowe, 85
 kości nosowe, 85
 kości podniebienne, 85
 kości skroniowe, 84
 kość czołowa, 84
 kość gnykowa, 85
 kość jarzmowa, 85
 kość klinowa, 84
 kość potyliczna, 84
 kość sitowa, 84
 lemiesz, 85
 mózgoczaszka, 83

otwór potyliczny wielki, 84
 szczęka górna, 85
 twarz, 85
 twarzoczaszka, 83
 wyrostek rylcowaty, 84
 wyrostek sutkowaty, 84
 zatoki, 83, 85
 żuchwa, 85
 cząsteczki, 32
 hydrofilne, 66
 hydrofobowe, 66
 czerniak złośliwy, 132, 133
 czerwone krwinki, 182, 183, 185
 powstawanie, 185
 części ciała, 34
 część biodrowa, 41
 czopki, 156

Ć

ćwiczenia, 106, 319
 aerobowe, 89

D

defekacja, 224
 delecje, 57
 dendryty, 74, 143
 deoksyhemoglobina, 183
 Depo-Provera, 286
 dezoksyhemoglobina, 188
 dezoksyryboza, 53
 diabetes mellitus, 176
 diabetyki, 176
 dializa krwi, 244
 DLE, 268
 dłoń, 92
 DMD, 120
 DNA, 53
 błędy, 57
 interfaza, 57
 kolejność nukleotydów, 57
 mutacje, 57
 podstawienia, 57
 replikacja, 55
 usunięcia, 57
 wstawienia, 57

dna moczanowa, 97
 dobre samopoczucie, 183
 dojrzewanie
 kobieta, 310
 mężczyzna, 311
 dolny zwieracz przełyku, 220
 dorosłość, 311
 dotyk, 124
 doustne środki antykoncepcyjne, 286
 dół wyrostka dziobiastego, 91
 dół wyrostka łokciowego, 92
 dół żuchwowy, 84
 droga krwi przez serce i ciało, 188
 drzewo oskrzelowe, 204
 dwutlenek węgla, 209
 dyfuzja, 68
 dysplazja, 292
 dystrofia mięśniowa Duchenne'a, 57, 120
 działanie komórki, 65
 działanie mięśnia, 104
 dziąsła, 218
 dźwięki, 153

E

efektory, 143
 egzony, 60
 ejakulacja, 283
 ekrynowe gruczoły potowe, 128
 elastyna, 71, 124
 elektrolity, 173
 elementy morfotyczne, 181, 182
 embrion, 285
 endometrioza, 278
 endometrium, 275, 278, 296
 energia, 49
 energia dla mięśni, 103
 enzymy, 33
 amylaza ślinowa, 220
 naprawcze, 57
 eozynofile, 184, 260
 epinefryna, 163, 174, 196
 epithelium, 69
 erekcja, 284
 ERV, 207
 erytroblasty, 185, 259

erytrocyty, 183, 259
 Escherichia coli, 224
 estrogen, 163, 175, 275

F

FAD, 47
 FADH₂, 47
 fagocyta, 183
 fałdy, 221
 fazy mitozy, 58
 fibroblasty, 71, 130
 fibrynogen, 182
 fibryny, 130
 filamenty aktynowe, 103
 filamenty cienkie, 102
 filamenty grube, 102
 filamenty miozynowe, 103
 filtracja ciśnieniowa, 240, 243
 filtrowanie krwi, 226
 fizjologia, 27, 28, 29
 mięsień sercowy, 188
 fosfokreatyna, 104
 fosforylacja oksydacyjna, 45, 47
 fosforylacja tlenowa, 45
 fotoreceptory, 154, 156
 FSH, 163, 169, 276, 277

G

gałka oczna, 156
 gamety, 274
 garb, 96
 gardło, 203, 220
 dolne, 203
 środkowe, 203
 gastryna, 172, 222
 GDP, 47
 genitalia, 273
 geny, 53, 54, 66
 glikogen, 226
 glikokortykoidy, 163
 glikoliza, 45, 46, 48, 104
 globina, 183
 glukagon, 163, 171
 główka, 91

główny gruczoł, 167
 główny mięsień motoryczny, 108
 GnRH, 277
 golenie, 118
 gonadoliberyna, 277
 gonadotropina kosmówkowa, 285, 296
 gonady, 175, 274, 280
 górny zwieracz przełyku, 220
 granulocyty, 184, 259
 grasica, 171, 258
 gruczoły, 127, 166

- apokrynowe potowe, 128
- Brunnera, 223
- Cowpera, 282
- egzokrynnne, 166
- ekrynowe potowe, 128
- endokrynnne, 167
- łojowe, 127, 128
- łzowe, 203
- potowe, 127

 grupy mięśni, 107
 gruźlica, 214
 grzebień kości biodrowej, 90
 guanina, 54
 guz kulszowy, 91
 guzki dnawe, 97
 guzowatość naramienna, 91

H

H₂O, 32
 hCG, 285, 296
 HCl, 221
 HCT, 182
 Helicobacter pylori, 235
 hem, 183
 hematokryt, 182
 hematopoeza, 80, 185
 hemoglobina, 183, 209

- S, 199

 hemoliza, 199
 Herpes simplex typu 2., 288
 hiperglikemia, 172
 hiperosmolarność, 177
 hiperpolaryzacja, 146
 hipertrofia, 106

hipertyreoza, 178
 hipoglikemia, 172
 hipogonadia, 290
 hipoksemia, 210
 hipotyreoz, 178
 histamina, 261
 histoanatomia, 29
 HIV, 269
 hodowla tkanek, 136
 homeostaza, 49, 51, 166, 176, 245
 hormony, 161

- ACTH, 163, 169
- ADH, 163, 168, 247
- adrenokortykotropowy, 163, 169
- aminowe, 163
- ANP, 247
- antydiuretyczny, 163, 168, 247
- białkowe, 163
- ciężowy, 296
- działanie, 164
- epinefryna, 163, 174
- estrogen, 163, 175
- folikulotropowy, 169, 276
- FSH, 163, 169
- gastryny, 222
- glikobiałkowe, 163
- glikokortykoidy, 163
- glukagon, 163, 171
- gonadotropowe, 169
- gonady, 175
- grasica, 171
- homeostaza, 166
- insulina, 164, 171, 177
- kalcytonina, 163
- komórka docelowa, 164
- kora nadnerczy, 173
- kortykotropina, 163, 169
- kortyzol, 174
- leptyna, 221
- LH, 163
- luteinizujący, 163, 277, 282
- melanotropina, 169
- melatonina, 164
- mineralokortykoidy, 164
- MSH, 169
- niesterydowe, 162, 165

hormony

norepinefryna, 163, 174
 oksytocyna, 164
 parathormon, 164
 peptydowe, 163
 płciowe, 175
 podwzgórze, 168
 podwzgórzowe hamujące wydzielanie, 169
 podwzgórzowe uwalniające wydzielanie, 169
 progesteron, 163, 175
 prolaktyna, 164
 przedsionkowy natriuretyczny, 247
 przysadka, 168
 somatotropina, 164
 sterydowe, 162, 165
 sytości, 221
 tarczycza, 170
 testosteron, 164, 175
 trzustka, 171
 TSH, 163
 tymozyny, 171
 tyreotropowy, 163, 164
 tyroksyna, 164
 ujemne sprzężenie zwrotne, 165
 wzrostu, 164
 żołądek, 172

HPV, 288

HSV-2, 288

I

IC, 207

IgA, 264

IgD, 264

IgE, 264, 269

IgG, 264

IgM, 264

immunoglobulina, 183

impotencja, 284

impuls, 74

impulsy nerwowe, 144

infekcja dróg moczowych, 249

informacyjne RNA, 60

inkontynencja, 251

Innerbody.com, 328

insercje, 57

insulina, 164, 171, 177, 233

interfaza, 57

interneurony, 142

introny, 60

inwertaza, 226

IRV, 207

istota biała, 150

istota gąbczasta, 80

istota szara, 150

istota zbita, 80

J

jabłko Adama, 203

jajniki, 175, 275

jajowody, 275

jama brzuszna, 40

jama brzuszno-miedniczna, 41

jama czaszki, 41

jama gardłowo-nosowa, 203

jama grzbietowa, 40

jama klatki piersiowej, 41

jama nosowa, 203

jama opłucna, 205

jama osierdziowa, 186

jama szpikowa, 80

jama ustna, 218

jamki kostne, 80

jamy ciała, 40

jądra, 175, 280, 281

jądro, 65

jelita, 173, 222

czcze, 222

działanie, 224

kręte, 222

ślepe, 224

język, 154, 157, 219

jon, 104, 145

K

kalcytonina, 163

kalcytriol, 129

kaletki maziowe, 94

kał, 224, 237

kamienie nerkowe, 250

- kamienie żółciowe, 231
 kanalik kręty bliższy, 241
 kanalik kręty dalszy, 241
 kanalik nerkowy, 240
 kanalik zbiorczy, 241
 kanaliki łzowe, 85, 203
 kanaliki nasienne, 281
 kanał kręgowy, 41
 kanał limfatyczny, 255
 kanał rodny, 279
 kanał żółciowy, 231
 kanały Haversa, 259
 kanały Volkmanna, 80
 kapilary, 68
 kapturek dopochwowy, 287
 karboksyhemoglobina, 209
 karnacja, 123
 kataboliczny, 44
 katabolizm, 65
 katecholaminy, 174
 kciuk, 115
 keratyna, 122
 keratynizacja warstwy rogowej, 122
 ketoacydoza, 243
 kifoza, 96
 klatka piersiowa, 87
 kłębuszek nerkowy, 240
 kły, 218
 kłykcie, 92
 kłykciny kończyste, 288
 kobiece prezerwatywy, 287
 kobiecy układ rozrodczy, 274
 - cykl jajczkowania, 276
 - cykl maciczny, 277
 - cykl menstruacyjny, 275
 - jajniki, 275
 - jajowody, 275
 - macica, 275
 - menstruacja, 275
 - okres, 275
 - pochwa, 275, 279
 - srom, 279
 - szyjka macicy, 279
 - zewnątrzne narządy płciowe, 275
- kobiety, 274
 kod genetyczny, 62
 kodon, 62
 koenzym A, 47
 kolagen, 71, 124
 kolec kulszowy, 91
 kolejność nukleotydów, 57
 kolposkopia, 293
 komórki, 31, 33, 63, 64
 - autotrawienie, 67
 - białka, 66
 - błona komórkowa, 64
 - budowa, 64, 65
 - budowa błony komórkowej, 66
 - ciśnienie osmotyczne, 68
 - cykl komórkowy, 66
 - cytoplazma, 64
 - cytotoksyczne, 265
 - działanie, 65
 - filtracja, 68
 - geny, 66
 - glejowe, 74, 143
 - kanały, 67
 - Langerhansa, 123
 - Leydiga, 282
 - macierzyste, 185, 259, 298
 - metabolizm, 44, 65
 - mikrogleju, 143
 - nerwowe, 143
 - oddychanie, 65
 - organelle, 65
 - podział, 53
 - potomne, 53
 - półprzepuszczalność, 65
 - produkcja, 53
 - Schwanna, 143
 - siateczkowate, 71, 259
 - substancja międzykomórkowa, 66
 - system odpornościowy, 259
 - szpikowe, 259
 - tkanki, 69
 - transport przez błonę, 67
- konwertaza angiotensyny, 247
 kończyny, 89
 kora mózgowa, 149
 kora nadnerczy, 173
 kora nerkowa, 239
 kortykosteroidy, 173, 174
 kortykotropina, 163, 169

kortyzol, 174
 korzenie paznokci, 126
 kosmki, 223
 kosmki łożyskowe, 298
 kosmówka, 297, 299
 kostki słuchowe, 153
 kostnienie, 81
 kości, 52, 77, 78
 biodrowa, 90
 chrząstka nasadowa, 81
 czaszka, 83
 dłoń, 92
 długie, 78, 79
 gnykowa, 85
 hematopoeza, 80
 istota gąbczasta, 80
 istota zbita, 80
 jama szpikowa, 80
 jamki kostne, 80
 kanaliki, 80
 kanały Volkmana, 80
 klatka piersiowa, 87
 kręgosłup, 86
 krótkie, 78
 kulszowa, 90, 91
 łokciowa, 91
 łonowa, 90
 nadgarstek, 91, 92
 nasada, 80
 noga, 91, 92
 okostna, 80
 osteoporoza, 97
 paliczki, 92
 piętowa, 93
 piszczel, 92, 93
 płaskie, 78
 proces dopasowywania, 82
 promieniowa, 91
 przedramię, 91
 ramienna, 91
 regeneracja pęknięć, 81
 ręce, 91
 różnokształtne, 78
 skokowa, 93
 stęp, 92

stopa, 92
 struktura, 79
 strzałkowe, 92
 system Haversa, 80
 szkielet osiowy, 83
 szpik czerwony, 80
 szpik kostny, 80
 śródręcze, 91, 92
 śródstopie, 92
 tkanka chrzęstna stawowa, 80
 trzon, 80
 udowa, 92
 złamania, 81
 kościec kończyn, 89
 krążenie płucne, 190
 krążenie systemowe, 190
 kreatynina, 242
 krem do opalania, 320
 kresa biała, 113
 kresa chropawa, 92
 krew, 30, 181
 białe krwinki, 182, 183
 białka plazmy, 182
 czerwone krwinki, 182, 183, 185
 droga przez serce i ciało, 188
 hematokryt, 182
 hemoglobina, 183
 osocze, 182
 płytki krwi, 182, 185
 szpik kostny, 185
 transport tlenu, 183
 trombocyty, 185
 układanie płytek, 185
 utleniona, 189
 wymiana gazów, 209
 kręgosłup, 86
 atlas, 87
 guziczny, 87
 kręg S-1, 87
 kręg szyjny, 87
 krzyżowy, 87
 lędźwiowy, 87
 obrotnik, 87
 odcinki, 87
 piersiowy, 87
 szyjny, 87

krętarz mały, 92
 krętarz wielki, 92
 krętek blady, 289
 krtań, 203
 krwinki, 30, 259
 krwotok okołoporodowy, 308
 krypt Lieberkuhna, 223
 krzywica, 129
 krzywizna kręgosłupa, 96
 kubki smakowe, 157
 kwas dezoksyrybonukleinowy, 53
 kwas hipurowy, 243
 kwas mlekowy, 104
 kwas moczowy, 97, 242
 kwas rybonukleinowy, 60
 kwas solny, 221, 254
 kwas szczawiooctowy, 47
 kwasica, 50

L

laktacja, 311
 laktaza, 226
 lanugo, 299
 leczenie ran, 129
 leki wczesnoporonne, 287
 lemiesz, 85
 leptyna, 221
 leukocyty, 183, 259
 lędźwie, 41
 LH, 163
 limfa, 254, 255
 limfatyczna komórka macierzysta, 259
 limfocyty, 184, 255, 258
 B, 184, 256, 260
 T, 184, 234, 256, 257, 258, 260, 265
 linie Z, 103
 lipaza, 226, 227
 lipidy, 66, 71
 listewki skórne, 124
 lizosomy, 65, 67
 lordoza, 96

Ł

łamanie głowy, 84
 łańcuch oddechowy, 47
 łańcuch transportu elektronów, 47
 łączenie kości
 kości nieruchome, 94
 kości o ograniczonym stopniu swobody, 94
 kości swobodnie poruszające się, 94
 łechtaczka, 279
 łożysko, 297
 łożysko przodujące, 303
 łój, 128
 łuki odruchowe, 150
 łydki, 118
 łysienie, 126

M

macica, 275
 Madsci.org, 329
 makroanatomia, 28
 makrofagi, 261
 malaria, 199
 maltaza, 226
 małżowiny nosowe, 203
 mapa okolic ciała, 39
 marchewka, 156
 martwa przestrzeń, 207
 materiał genetyczny, 53
 maź płodowa, 299
 maź stawowa, 94
 mechanoreceptory, 153, 154
 Medisa.pl, 325
 megakarioblasty, 185, 259
 megakariocyty, 185
 mejoza, 53
 melanina, 123
 melanocyty, 123
 melanotropina, 169
 melatonina, 164
 menstruacja, 275
 metabolizacja, 44
 metabolizm, 43, 65
 metafaza, 58

- męski układ rozrodczy, 280
 - działanie, 281
 - erekcja, 284
 - gonady, 280
 - jądra, 280, 281
 - moszna, 283
 - narządy zewnętrzne, 283
 - orgazm, 283
 - penis, 283
 - plemniki, 281, 282
 - prącie, 283
 - wytrysk nasienia, 283
- MHC, 264, 265
- miazga biała, 257
- miazga czerwona, 257
- miażdżycy, 198
- micele, 227
- miedniczka nerkowa, 239
- mieloblasty, 185, 259, 260
- mieszek włosowy, 126
- międzymózgowie, 148, 152
- mięśaki Kaposiego, 270
- mięśnie, 34, 52, 99, 108
 - antagonistyczne, 108
 - ATP, 103
 - atrofia, 106
 - biceps, 114
 - biodrowo-lędźwiowy, 115
 - biodrowy, 115
 - brzuch, 112
 - brzuchaty łydki, 118
 - czworoboczny, 110
 - czworoboczny grzbietu, 109
 - czworogłowy, 117
 - dwugłowy ramienia, 109, 114
 - dwugłowy uda, 118
 - dystrofia, 120
 - działanie, 104
 - głowa, 109
 - grupy, 107
 - gruszkowaty, 119
 - grzebieniowy, 114, 116
 - hipertrofia, 106
 - jarzmowe, 110
 - lędźwiowy mniejszy, 115
 - lędźwiowy większy, 115
 - marszczący brwi, 109
 - międzyżebrowy, 111
 - mostkowo-obończykowo-sutkowe, 110
 - napinanie, 102
 - naramienny, 114
 - nazwy, 109, 117
 - nogi, 115, 116
 - obszerny boczny, 117
 - obszerny pośredni, 117
 - obszerny przyśrodkowy, 117
 - okrężny oka, 109
 - okrężny ust, 109
 - patofizjologia, 119
 - piersiowy większy, 111
 - piszczelowy przedni, 118
 - policzkowy, 110
 - poprzeczny brzucha, 113
 - poruszanie się, 100
 - pośladkowy mniejszy, 109
 - pośladkowy średni, 116
 - pośladkowy wielki, 109, 116
 - potyliczno-czołowy, 109
 - półbłoniasty, 118
 - półścięgnisty, 118
 - prostownik długi palców, 118
 - prostownik łokciowy nadgarstka, 114
 - prostownik palca, 109, 114
 - prostownik promieniowy długi
 - nadgarstka, 114
 - prostownik promieniowy krótki
 - nadgarstka, 114
 - prosty brzucha, 109, 113
 - prosty uda, 117
 - przepływ krwi, 100
 - przywłosowy, 126
 - przywodziciel długi, 116
 - przywodziciel wielki, 116
 - ramiennie-promieniowy, 114
 - ręce, 114
 - siedzący tryb życia, 106
 - skośne wewnętrzne brzucha, 113
 - skośne zewnętrzne brzucha, 108, 113
 - skręty tułowia, 111
 - skroniowy, 109
 - skurcze, 119

skurcze mięśni poprzecznie
 prążkowanych, 101
 smukły, 116
 strzałkowy, 118
 synergiczne, 108
 szyja, 110
 tonus, 107
 triceps, 114
 trójgłowy ramienia, 109, 114
 twarz, 111
 utrzymanie temperatury, 100
 zginacz długi palców, 108, 118
 zginacz łokciowy nadgarstka, 114
 zginacz promieniowy nadgarstka, 114
 mięśniówka, 221
 migdałki, 257
 gardłowe, 256
 językowe, 256
 mikrokosmki, 223
 mineralokortykoidy, 164
 miotoniczna dystrofia mięśniowa, 120
 miozyna, 102
 mitochondria, 46
 mitochondrium, 65
 mitoza, 53, 58
 moc, 237, 242
 składniki azotowe, 242
 tworzenie, 242
 mocznic, 97
 mocznic, 226, 241, 242
 moczowody, 244
 moczówka, 169
 molekuły, 33
 monitorowanie ciśnienia krwi, 246
 monocyty, 184, 260, 261
 morfogeneza, 298
 morula, 298
 most, 150, 151
 mostek, 89
 moszna, 283
 mówienie, 204
 mózg, 74, 84, 148, 149
 bruzdy, 149
 ciało modelowate, 149
 istota biała, 150
 istota szara, 150

komory boczne, 152
 kora mózgowa, 149
 łuki odruchowe, 150
 międzymózgowie, 148, 152
 most, 150, 151
 mózdzek, 148, 149, 150
 odruchy, 151
 pień mózgu, 150
 płaty, 149
 płyn mózgowo-rdzeniowy, 152
 pobieranie próbek płynu, 152
 podwzgórze, 152
 półkule, 149
 rdzeń przedłużony, 148, 150, 151
 szczelina podłużna mózgu, 149
 szczeliny, 149
 śródmózgowie, 150
 wodociąg Sylwiusza, 152
 wzgórze, 152
 zakręty, 149
 zmysły, 153
 mózgowica, 83
 mózgowie, 148, 149
 mózdzek, 148, 149, 150
 mRNA, 60, 62
 MSH, 169
 mukowiscydoza, 57
 mutacje, 57
 cicha, 57
 punktowa, 57
 mycie rąk, 322
 Mycobacterium tuberculosis, 214

N

nabłonek, 69
 jednowarstwowy, 70
 jednowarstwowy sześcienny, 70
 płaski, 70
 pseudowarstwowy, 70
 pseudowarstwowy kolumnowy rzęskowy, 70
 pseudowarstwowy walcowaty, 70
 sześcienny, 70
 walcowaty, 70
 wielowarstwowy, 70
 wielowarstwowy płaski, 70

- naczynia chłonne, 254
- naczynia krwionośne, 124, 191
 - tętnice, 192
 - żyły, 192
- naczynia limfatyczne, 254
- naczynia włosowate, 68, 189, 192, 194
- NAD⁺, 47
- nadbrzusze, 41
- nadciśnienie, 195, 196, 247
- nadczynność tarczycy, 178
- nadgarstek, 92
- NADH, 47, 48
- nagłośnia, 203, 220
- napinanie mięśni, 102
- napletek, 284
- narodziny, 295
- narządy płciowe, 274
- nasieniowody, 281
- nasierdzie, 186
- naskórek, 33, 121, 122
 - keratynizacja warstwy rogowej, 122
 - komórki Langerhansa, 123
 - warstwa podstawna, 122
 - warstwa rogowa, 122
- nawodnienie organizmu, 317
- nawrócenie, 96
- nazwy mięśni, 109, 117
- nefron, 240, 243
- Neisseria gonorrhoeae, 289
- nerka wędrująca, 239
- nerki, 173, 239
 - tworzenie moczu, 242
- nerw węchowy, 156
- nerwy, 34, 74, 139
 - akson, 143
 - astrocyty, 143
 - ciało komórki, 143
 - czaszkowe, 141
 - dendryty, 143
 - efektory, 143
 - interneurony, 142
 - komórki, 143
 - komórki glejowe, 143
 - komórki mikrogleju, 143
 - komórki Schwanna, 143
 - motoryczne, 140
 - neurony, 143, 144
 - odbiór danych sensorycznych, 141
 - przekazywanie impulsów, 144
 - rdzeniowe, 141
 - sensoryczne, 140
 - układ nerwowy, 139
 - włókna czuciowe, 141
 - włókna motoryczne, 141
 - wykres przekazu impulsu nerwowego, 146
 - wynik motoryczny, 143
- neurony, 74, 143, 144
 - zdepolaryzowane, 145
- neuroprzełącznik, 147
- neutrofile, 184, 260, 261, 262
- nić komplementarna, 55
- nić macierzysta, 55
- niedoczynność tarczycy, 178, 179
 - pierwotna, 178
 - wtórna, 178
- niedokrwistość, 198
 - sierpowatokrwinkowa, 199
- niegonokokowe zapalenie cewki moczowej, 288
- nienaturalna krzywizna kręgosłupa, 96
- nietrzymanie moczu, 251
- nocireceptory, 154
- nogi, 91, 92, 115
- norepinefryna, 163, 174
- nos, 85, 154, 156, 202
 - nerw węchowy, 156
 - opuszka węchowa, 156
- nozdrza, 202
- nukleaza, 226
- nukleotydy UCG, 62

0

- OAA, 47
- obgryzanie paznokci, 127
- obieg energii, 48
- objętość zalegająca, 207
- objętość zapasowa wdechowa, 207
- objętość zapasowa wydechowa, 207
- oblączka, 127
- obniżanie ciśnienia krwi, 197
- obniżenie, 95
- obrąbek panewki łopatki, 91

- obrzęcz barkowa, 90
- obrzęcz miedniczna, 90
- obrzęcze, 89
- obrotnik, 87
- obrót, 96
- obrzezanie, 284
- octan CoA, 47
- oczy, 154
- odbiór danych sensorycznych, 141
- odbyt, 224
- odbytnica, 224
- odczyn pH, 50, 248
- oddawanie moczu, 239
- oddech, 207
- oddychanie, 65, 201, 205
 - beztlenowe, 45, 48, 65
 - komórkowe, 45
 - tlenowe, 45, 65
 - wewnątrzkomórkowe, 205
 - zewnętrzne, 205
- oderwanie łożyska, 303
- odmiedniczkowe zapalenie nerek, 249
- odpornościowa odpowiedź komórkowa, 264
- odporność, 266
 - aktywna, 266
 - bierna, 267
- odpowiedź odpornościowa swoista, 263
- odprężenie, 321
- odruch mięśnia dźwigacza jąder, 283
- odruchy, 151
- odwodzenie, 95
- odwodzenie uda, 116
- odwrócenie, 96
- odźwiernik, 222
- oko, 155
 - budowa, 155
 - ciałko szkliste, 156
 - czopki, 156
 - fotoreceptory, 156
 - pręciki, 156
 - rogówka, 155
 - siatkówka, 156
 - soczewka, 155
 - tęczówka, 155
- okolice ciała, 39
- okostna, 80
- okres, 275
- okrężnica poprzeczna, 224
- okrężnica wstępująca, 224
- okrężnica zstępująca, 224
- oksydacja, 47
- oksyhemoglobina, 183, 188
- oksytocyna, 164
- oocyty, 275
- oparzenia, 134
 - stopnie, 134
- opłucna, 205
- opór obwodowy, 195
- opryszczka, 288
- opsyna, 156
- opuszka węchowa, 156
- organelle, 65
- organy, 30, 34
- organy płciowe, 169
- orgazm, 280, 283
- osierdzie, 186
- osierdzie włókniste, 186
- oskrzela, 204
- osłonka przejrzysta, 284
- osmoza, 68
- osocze, 182
- ospa, 267
- ospa wietrzna, 257
- osteoblasty, 81
- osteocyty osadzone, 80
- osteomalacja, 129
- osteoporoza, 97
- ostre zapalenie trzustki, 233
- ośrodek odczynowy, 256
- ośrodek oddychania, 205
- ośrodkowy układ nerwowy, 140
- otrzewna, 234, 239
- otwory ciała, 256
- otwór potyliczny wielki, 84
- OUN, 140, 142
- owłosienie, 125
- owoce, 318
- owodnia, 297
- owsianka, 322
- owulacja, 275

P

- paliczki, 91, 92
 - bliższy, 92
 - dalszy, 92
 - środkowy, 92
- panewka bloczkowa, 91
- parasympatyczny układ nerwowy, 141
- parathormon, 164
- parcie, 306
- patofizjologia, 28, 42
 - układ kostny, 96
 - układ krążenia, 195
 - układ mięśniowy, 119
 - układ nerwowy, 157
 - układ rozrodczy, 287
 - układ wydzielniczy, 176
- patogen, 42, 213
- patologia, 42
- patologiczny stan, 42
- paznokcie, 126
 - blaszki podstawne, 126
 - korzenie, 126
 - oblączka, 127
 - powłoczka, 127
 - zaburzenia, 127
- penis, 283
- pepsyna, 221
- pepsynogen, 221
- peptydaza, 226
- peptydy, 221
- per rectum, 251
- pęcherz moczowy, 245
- pęcherzyki Graafa, 275
- pęcherzyki płucne, 204
- pęczki Hisa, 190
- pętla Henlego, 244
- pH, 248
- pień mózgu, 150
- pierwiastki, 32
- pięta, 93
- pigmentacja skóry, 123
- pigułki po stosunku, 286
- piramidy nerkowe, 239
- pirogonian, 46
- piszczel, 92, 93
- plazma, 64
- pląsawica Huntingtona, 57
- plemniki, 281, 282
- plaszczyna anatomiczna, 38
- plaszczyna czołowa, 37
- plaszczyna poprzeczna, 38
- plaszczyna strzałkowa, 37
- plaszczyna strzałkowa środkowa, 37
- platy mózgowe, 149
 - ciemieniowy, 149
 - czołowy, 149
 - potyliczny, 149
 - skroniowy, 149
- plód, 295, 299
- płuca, 202, 204, 205
- płyn mózgowo-rdzeniowy, 152
- płyn osierdziowy, 186
- płyn owodniowy, 297
- plytki amyloidowe, 158
- plytki krwi, 130, 182, 185
- PMS, 162, 277
- pobieranie kosmków, 299
- pobieranie próbek płynu, 152
- pocenie się, 128
- pochwa, 275, 279
- podbrzusze, 41
- podniebienie, 85
 - miękkie, 204
 - twarde, 204
- podniesienie, 96
- podnoszenie ciężarów, 89
- podwiązanie nasieniowodów, 286
- podwójna helisa, 53, 54
- podwójna warstwa fosfolipidowa, 66
- podwzgórze, 50, 152, 167
- podwzgórzowe hormony hamujące
 - wydzielanie, 169
- podwzgórzowe hormony uwalniające
 - wydzielanie, 169
- podzębrowy, 41
- pojemność wdechowa, 207
- pojemność życiowa, 207
- polaryzacja błony neuronu, 144
- policytomia, 212
- polimeraza DNA, 55
- pomocnicze limfocyty T, 265

pomocnicze narządy trawienne, 225
 pompa podwójna, 188
 pompa podwójnego działania, 188
 pompy sodowo-potasowe, 145
 poronienie samoistne, 285
 poród, 304
 aktywny, 305
 faza druga, 306
 faza pierwsza, 304
 faza trzecia, 307
 krwotok okołoporodowy, 308
 odkładanie parcia, 308
 parcie, 306
 skurcze porodowe, 305
 wyciężenie porodowe, 308
 poruszanie się, 51
 potencjał czynnościowy, 145
 potencjał spoczynkowy, 145
 powłoczka paznokcia, 127
 powłoka skórna, 121
 powrózki nasienne, 282
 poziomy glukozy we krwi, 50
 poziomy budowy ciała, 31
 pozycja anatomiczna, 35
 pożywienie, 44
 półksiężycowata zastawka aorty, 189
 półkula mózgowe, 149
 półprzepuszczalność, 65
 prącie, 283
 prątki Kocha, 214
 prezentacja, 265
 prezerwatywy, 286
 pręciki, 156
 proces resorpcji, 241
 prodromalne stadium, 232
 profaza, 58
 progesteron, 163, 175
 prolaktyna, 164
 pronacja, 96
 prostaglandyny, 283
 prostata, 251
 prostownik długi palców, 118
 prostownik łokciowy nadgarstka, 114
 prostownik palca, 109, 114
 prostownik promieniowy długi nadgarstka, 114
 prostownik promieniowy krótki nadgarstka, 114

protrombina, 130
 przeciwciała, 257
 przedsionkowy hormon natriuretyczny, 247
 przegroda nosowa, 203
 przekaz impulsu nerwowego, 146
 przekazywanie impulsów, 144
 przekroje, 37
 przełyk, 220
 przepływ krwi, 100
 przepona, 202
 przerost prostaty, 251
 przetoka tętniczo-żylna, 197
 przewężenie Ranviera, 146
 przewlekłe zapalenie trzustki, 233
 przewód pęcherzykowy, 227
 przewód słuchowy zewnętrzny, 84
 przewód żółciowy wspólny, 227
 Przychodnia.pl, 326
 przydatki skóry, 125
 przykanalikowe naczynia włosowate, 241
 przysadka mózgowa, 167
 przywodzenie, 95
 przywodzić długi, 116
 przywodzić wielki, 116
 puls, 191

R

rak jajników, 292
 rak jąder, 291
 rak kolczystokomórkowy, 133
 rak komórkowy, 132
 rak płuc, 215
 rak podstawnokomórkowy, 132
 rak prostaty, 291
 rak skóry, 132
 rak szyjki macicy, 292
 rdzenie terminów anatomicznych, 35
 rdzeń kręgowy, 74
 rdzeń nadnerczy, 174
 rdzeń przedłużony, 148, 150, 151
 reakcja walki lub ucieczki, 51, 141, 196
 reakcja zapalna, 260
 reakcje anaboliczne, 43
 reakcje kataboliczne, 43
 receptory, 67, 124, 221

refrakcja, 146
regeneracja pęknięć kości, 81
region zmienny, 263
regulowanie pH, 248
regulowanie systemów, 152
relaksyna, 90
renina, 196, 246
renum, 173
replikacja DNA, 55, 56
repolaryzacja, 146
reprodukcja, 273
 genitalia, 273
 kobięcy układ rozrodczy, 274
 narządy płciowe, 274
Resmedica.pl, 327
retinal, 156
reumatoidalne zapalenie stawów, 268
ręce, 91
rękojeść, 89
RNA, 60
rodopsyna, 156
rogówka, 155
ropa, 262
ropień, 219
rotacja, 95
rozedma płuc, 215
rozkładanie pokarmów, 217
rozmaz cytologiczny, 292
rozmnażanie, 52
rozzusznik, 190
rozszerzenie szyjki macicy, 303
roztwór hipertoniczny, 68
roztwór hipotoniczny, 68
roztwór izotoniczny, 68
rozwieranie, 95
rozwój, 53, 309
 dojrzewanie kobiet, 310
 dojrzewanie mężczyzn, 311
 dorastanie, 310
 dorosłość, 311
 okres dziecięcy, 309
 okres niemowlęcy, 309
 starość, 311
 zmiany w organizmie, 312
równowaga, 155
różnicowanie, 298

rRNA, 60
RU-486, 287
ruchy kątowe, 95
ruchy obrotowe, 95
ruchy perystaltyczne, 100, 220
rwa kulszowa, 91
rybosomalne RNA, 60
rybosomy, 62
rzeźączka, 289
rzęski, 52, 153, 254
rzucawka, 303

S

sarkomer, 73, 103
sebum, 128
sekcje wzdłużne, 37
sekretyna, 223
sen, 321
separowanie komórek, 33
serce, 73, 181, 185
 aorta, 189
 choroby, 198
 cykl pracy, 190
 fizjologia mięśnia sercowego, 188
 jama osierdziowa, 186
 jamy, 187
 krążenie płucne, 190
 krążenie systemowe, 190
 lewa komora, 187
 lewy przedsionek, 187
 nasierdzie, 186
 osierdzie, 186
 osierdzie włókniste, 186
 prawa komora, 187
 prawy przedsionek, 187
 przegroda komorowa, 187
 przegroda przedsionkowa, 187
 przekrój, 186
 przepływ krwi, 188
 rozzusznik, 190
 śródsierdzie, 186
 układ bódźcowo-przewodzący, 190
 węzeł PK, 190
 wsierdzie, 186
 zastawka płucna, 190

- zastawki, 187
- zastawki dwudzielne, 187
- zastawki przedsionkowo-komorowe, 187
- zastawki trójdzielne, 187
- żyły, 189
- siateczka śródplazmatyczna, 65
- siateczkowate włókna, 71
- siatkówka, 156
- siedzący tryb życia, 106
- siekacze, 218
- siodło tureckie, 84
- skaczące stawy, 93
- skolioza, 96
- skóra, 69, 121, 154, 253
 - choroby, 132
 - czucie, 131
 - dotyk, 124
 - elastyna, 124
 - gruczoły, 127
 - kolagen, 124
 - leczenie ran, 129
 - listewki skórne, 124
 - naskórek, 121, 122
 - ochrona, 128
 - oparzenia, 134
 - paznokcie, 126
 - pigmentacja, 123
 - przydatki, 125
 - rak, 132
 - receptory, 124
 - temperatura ciała, 131
 - tkanka tłuszczowa, 125
 - warstwa podskórna, 121, 125
 - warstwy, 121
 - właściwa, 121, 124
 - włosy, 125
- skręty tułowia, 111
- skrzep, 130
- skurcz izometryczny, 105
- skurcz izotoniczny, 105
- skurcze mięśni, 119
- skurcze mięśni poprzecznie prążkowanych, 101
- skurcze porodowe, 305
- SLE, 268
- słyszenie, 153
- smak, 157
- sok trzustkowy, 225
- soki żołądkowe, 222
- somatotropina, 164
- spermatocyty pierwotne, 281
- spermatogeneza, 281
- spermatydy, 281
- splątki neurofibrylarne, 158
- srom, 275, 279
- stan przedrzucawkowy, 303
- staw krzyżowo-biodrowy, 90
- stawy, 93
 - eliptyczny, 95
 - kaletki maziowe, 94
 - kłykciovyy, 95
 - kulisty, 95
 - łączenie kości nieruchomych, 94
 - łączenie kości o ograniczonym stopniu swobody, 94
 - łącznie kości swobodnie się poruszających, 94
 - maziowe, 95
 - maż stawowa, 94
 - obrotowy, 95
 - płaski, 95
 - ruchy kątowe, 95
 - ruchy obrotowe, 95
 - siodełkowaty, 95
 - skaczące, 93
 - torebka maziowa, 94
 - wiązadła, 94
 - zawiasowy, 95
- stopa, 92, 93
- stosunek przerywany, 286
- strefa H, 103
- stres, 230
- stroszenie włosów, 126
- struktura kości, 79
- struny głosowe, 204
- stwardnienie rozsiane, 157
- substancja międzykomórkowa, 66
- substytucje, 57
- suchość w ustach, 248
- supinacja, 96
- syfilis, 289
- sygnał, 50
- sympatyczny układ nerwowy, 141, 142
- synergia, 107

synteza białek, 61
 synteza witaminy D, 129
 system Haversa, 80
 szczelina podłużna mózgu, 149
 szczepienia, 266
 szczepionki, 266
 szczęka górna, 85
 szew ciemieniowy, 94
 szew łuskowy, 94
 szew węglowy, 94
 szew wieńcowy, 94
 szkielet osiowy, 83
 szkliwo, 219
 szok anafilaktyczny, 269
 szpara głosowa, 203
 szpara głośni, 203
 szpik czerwony, 80
 szpik kostny, 80, 185
 szpikowa komórka macierzysta, 259
 szyjka macicy, 279, 303

Ś

ścieżki Peyera, 257
 ścięgna, 72
 śledziona, 257
 ślepa kiszka, 228
 ślimakowa odnoga nerwu
 przedsionkowo-ślimakowego, 154
 ślina, 219
 ślinianki, 219
 podjęzykowe, 220
 podżuchwowe, 220
 przyuszne, 220
 ślizgowa teoria skurczu, 104
 środki antykoncepcyjne, 286
 środki plemnikobójcze, 287
 śródbrzusze, 41
 śródmózgowie, 150
 śródpierście, 205
 śródreńcze, 92
 śrōdsierdzie, 186
 świadomość, 149
 światłowstręt, 232

T

tachykardia, 191
 Tangentscientific.com, 327
 tarczycza, 170
 niedoczynność, 179
 tchawica, 202, 204, 220
 telofaza, 59
 temperatura ciała, 50, 51, 131
 terminy anatomiczne, 35
 terminy kierunkowe, 37
 termoreceptory, 154
 testosteron, 164, 175, 282
 testowanie jelit, 173
 tęczówka, 155
 tętnice, 191, 192
 biodrowa wspólna, 193
 krezkowa, 193
 nerkowe, 193, 239
 sercowa, 193
 tętniczki, 192
 thymus, 258
 tkanka łączna, 33, 70
 chrzęstna sprężysta, 72
 chrzęstna szklista, 72
 chrzęstna włóknista, 72
 galaretowata, 71
 włóknista, 72
 tkanka mięśniowa, 34, 73
 gładka, 73, 101
 poprzecznie prążkowana, 73, 101
 sercowa, 73, 100
 szkieletowa, 73
 tkanki, 33, 69
 chrzęstna stawowa, 80
 limfatyczna, 71
 naskórkowa, 33
 nerwowa, 34, 74
 tłuszczowa, 71, 125
 tlen, 104
 tlenowe oddychanie komórkowe, 48
 tłuszcze, 71
 toczeń rumieniowaty, 268
 krążkowy, 268
 układowy, 268

toksyny, 226
 tonus mięśnia, 107
 torebka Bowmana, 240
 torebka maziowa, 94
 torebka tłuszczowa, 239
 torebka włóknista, 239
 transferowe RNA, 60
 transkrypcja, 60, 61
 translacja, 62
 transplant allogeniczny, 136
 transplant autogeniczny, 136
 transport przez błonę, 67
 transport tlenu, 183
 trawienie, 171, 217, 221, 223
Treponema pallidum, 289
 treść żołądkowa, 222, 223
 triceps, 114
 tRNA, 60
 trombina, 130
 trombocyty, 130, 185
 tropomiozyna, 102
 troponina, 102
 trójjodotyronina, 170
 trymestry, 295
 trypsyna, 226
 tryptofan, 62
 trzecia komora, 168
 trzon, 89
 trzustka, 171, 225
 TSH, 163, 170
 twarz, 85
 twarzoczaszka, 83
 tworzenie

- chromosomy, 55
- DNA, 55
- mocz, 242
- nici DNA, 59

 tymina, 54
 tymozyna, 171, 258
 tyreoglobulina, 170
 tyreotropina, 170
 tyroksyna, 164, 170

U

UCG, 62
 ucho, 153

- błona podstawna, 154
- bodźce słuchowe, 154
- kości słuchowe, 153
- mechanoreceptory, 153
- równowaga, 155
- rzęski, 153
- ślimakowa odnoga nerwu
 - prędkośćowo-ślimakowego, 154
- środkowe, 153
- zewnątrzne, 153

 uczucie sytości, 221
 udar mózgu, 198
 udo, 92
 ujemne sprzężenie zwrotne, 165
 układ autonomiczny, 141
 układ bodźcowo-przewodzący serca, 190
 układ dopełniacza, 262
 układ kostny, 77, 78
 układ krążenia, 181

- krę, 181
- miażdżycy, 198
- naczynia krwionośne, 191
- naczynia włosowate, 194
- nadciśnienie, 195
- patofizjologia, 195
- serce, 185
- tętnice, 191
- wymiana tlenu, 194
- żyły, 191

 układ limfatyczny, 254
 układ mięśniowo-szkieletowy, 51
 układ mięśniowy, 101
 układ moczowy, 237, 238

- choroby, 249
- infekcja dróg moczowych, 249
- kamienie nerkowe, 250
- nietrzymanie moczu, 251
- prostata, 251
- zaburzenia, 249

 układ narządów, 34

- układ nerwowy, 139
 - centralny, 140
 - CUN, 140
 - mózg, 148
 - ośrodkowy, 140
 - OUN, 140
 - patofizjologia, 157
- układ oddechowy, 201
 - anatomia, 202
 - astma, 210
 - błona oddechowa, 207
 - błona surowicza, 205
 - gardło, 203
 - gruźlica, 214
 - nos, 202
 - nozdrza, 202
 - oddychanie, 205
 - oddychanie wewnątrzkomórkowe, 205
 - oddychanie zewnętrzne, 205
 - opłucna, 205
 - ośrodek oddychania, 205
 - pęcherzyki płucne, 204
 - płuca, 202, 204, 205
 - przepona, 202
 - rak płuc, 215
 - rozedma płuc, 215
 - śródpierście, 205
 - tchawica, 202, 204
 - wdech, 205
 - wydech, 205
 - wymiana gazowa, 208
 - wymiana gazowa pomiędzy krwią i komórkami, 209
 - wyściółka płuc, 205
 - zapalenie oskrzeli, 212
 - zapalenie płuc, 213
- układ odpornościowy, 253
 - AIDS, 269
 - alergie, 269
 - choroby autoimmunologiczne, 267
 - grasica, 258
 - HIV, 269
 - komórki, 259
 - komórki macierzyste, 259
 - krwinki, 259
 - limfa, 255
 - limfocyty, 258
 - MHC, 265
 - monocyty, 261
 - neutrofile, 261
 - obrona zdrowia, 261
 - odpornościowa odpowiedź komórkowa, 264
 - odporność aktywna, 266
 - odporność bierna, 267
 - odpowiedź odpornościowa swoista, 263
 - region zmienny, 263
 - reumatoidalne zapalenie stawów, 268
 - rozwijanie odporności, 266
 - szczepionki, 266
 - śledziona, 257
 - toczeń rumieniowaty, 268
 - układ dopełniacza, 262
 - węzły chłonne, 255
 - zapalenie, 260
- układ okresowy pierwiastków, 32
- układ pokarmowy, 44
- układ rozrodczy, 274
- układ sercowo-naczyniowy, 185
- układ somatyczny, 141
- układ trawienny, 217
 - biegunka, 230
 - choroba Leśniowskiego-Crohna, 229
 - choroby, 228
 - droga żywienia, 217
 - dziaśła, 218
 - enzymy trzustkowe, 226
 - filtrowanie krwi, 226
 - gardło, 220
 - gruczoły Brunnera, 223
 - jelita, 222
 - język, 219
 - kamienie żółciowe, 231
 - połykanie, 220
 - pomocnicze narządy trawienne, 225
 - przełyk, 220
 - rozkład chemiczny, 225
 - ślina, 219
 - tchawica, 220
 - trawienie, 221, 223
 - treść żołądkowa, 223
 - trzustka, 225
 - uczucie sytości, 221

usta, 218
 wątroba, 226
 wirusowe zapalenie wątroby, 231
 woreczek żółciowy, 227
 wrzody żołądka, 234
 wrzodziejące zapalenie jelita grubego, 234
 wyrostek robaczkowy, 228
 zaburzenia, 228
 zapalenie trzustki, 233
 zapalenie wyrostka robaczkowego, 228
 zaparcie, 229
 zespół jelita nadwrażliwego, 233
 zęby, 218
 żołądek, 221
 żółć, 227
 układ wydzielniczy, 161
 układanie płytek, 185
 układy, 28
 uracyl, 60
 urobilinogen, 242
 USG, 297
 usta, 109, 218
 usuwanie mocznika z komórek, 241
 uszy, 154
 uśmiech, 109
 utrzymanie homeostazy, 245
 utrzymanie normalności, 166
 utrzymanie temperatury, 100
 utrzymanie zdrowia, 317
 UV-A, 133, 320
 UV-B, 133, 320

V

VC, 207

W

wakuole, 65
 walka lub ucieczka, 51, 141
 wargi sromowe mniejsze, 279
 wargi sromowe większe, 279
 warzywa, 318
 wazopresyna, 168
 wątroba, 226
 wchłanianie selektywne, 241

wchłanianie zwrotne, 241
 wcięcie kulszowe większe, 91
 wdech, 205
 węch, 156
 wędzidełko języka, 219
 węszenie, 202
 węzeł PK, 190
 węzeł zatokowo-przedsionkowy, 190
 węzina, 170
 węzły chłonne, 255
 wiązadła, 94
 wici, 52
 widelki replikacyjne, 55
 widzenie, 155
 oko, 155
 wielomocz, 176
 wieniec promienisty, 284
 więzadła, 72
 więzadło szerokie macicy, 275
 Wikipedia.pl, 326
 wirusowe zapalenie wątroby, 231
 wirusy, 257, 258
 broadwczak ludzki, 288
 Herpes simplex typu 2., 288
 o obniżonej zjadliwości, 266
 witaminy
 A, 156
 D, 129
 K, 224
 witki, 281
 wkładki domaciczne, 287
 włosy, 125
 stroszenie, 126
 włókna czuciowe, 141
 włókna mięśniowe, 73, 102
 włókna motoryczne, 141
 wnętrstwo, 283
 woda, 32, 317
 wodociąg Sylwiusza, 152
 woreczek żółciowy, 227
 wrzody żołądka, 234
 wrzodziejące zapalenie jelita grubego, 234
 wsierdzie, 186
 wycięczenie porodowe, 308
 wycięcie strzałkowe, 93
 wydalanie, 237, 242

wydech, 205
 wydzielanie kanalikowe, 241
 wydzielanie moczu, 245
 wydzielanie olejów, 128
 wygaszenie ujemne sprzężenie zwrotne, 50
 wykres przekazu impulsu nerwowego, 146
 wylew, 198
 wymiana gazowa, 194, 205, 208
 między krwią i komórkami, 209
 wymiana kapilarna, 194
 wymiana komórek, 53
 wymiana tlenu, 194
 wyrostek dziobiasty, 91
 wyrostek łokciowy, 92
 wyrostek mieczykowaty, 89
 wyrostek robaczkowy, 228
 wyrostek rylcowaty, 84
 wyrostek sutkowaty, 84
 wyrzut serca, 195
 wyściółka płuc, 205
 wytrysk nasienia, 283
 wzgórek łonowy, 279
 wzrok, 155
 wzrost, 53

X

XXY, 290

Z

zaburzenia układu moczowego, 249
 zaburzenia układu trawiennego, 228
 zajęcie w ciąży, 284
 zapalenie, 260
 zapalenie cewki moczowej, 249, 288
 zapalenie jąder, 290
 zapalenie miednicy, 289
 zapalenie oskrzeli, 212
 zapalenie pęcherza moczowego, 249
 zapalenie płacikowe, 213
 zapalenie płatowe, 213
 zapalenie płuc, 213
 zapalenie płucno-oskrzelowe, 213
 zapalenie trzustki, 233
 zapalenie wątroby

 typ A, 231
 typ B, 231
 typ C, 231
 typ D, 232
 typ E, 232
 zapalenie wyrostka robaczkowego, 228
 zapalenie zatok, 203
 zaparcie, 229
 zapłodnienie, 284
 zapobieganie ciąży, 286
 zarodek, 296
 zasada dziewiątek, 135
 zasadowica, 50
 zastawka krętniczo-kątnicza, 224
 zastawki serca, 187
 zatoki, 83, 85, 203
 przynosowe, 85
 szczękowe, 85
 zator płucny, 197
 zator trombocytowy, 130
 zatrucie cyjankiem, 124
 zawał mięśnia sercowego, 198
 zdrowie, 317
 zespół jelita nadwrażliwego, 233
 zespół Klinefeltera, 290
 zespół napięcia przedmiesiączkowego, 162, 277
 zewnętrzne narządy płciowe, 275
 zębina, 219
 zęby, 218, 219
 przedtrzonowe, 218
 trzonowe, 218
 zginacz długi palców, 108, 118
 zginacz łokciowy nadgarstka, 114
 zginacz promieniowy nadgarstka, 114
 zginanie, 95
 ziarna, 322
 złamania, 81
 zmiękczenie kości, 129
 zmysły, 153
 słyszenie, 153
 smak, 157
 węch, 156
 widzenie, 155
 związki chemiczne, 32
 zwyrodnienie plamki żółtej, 158
 zygota, 285, 296

Ż

zebra, 88

prawdziwe, 88

rzekome, 88

wolne, 88

żołądek, 172, 221

żołądź, 284

żółć, 173, 227

żółtaczka zastoinowa, 231

żółte włókna, 71

żuchwa, 85

żyłki, 192, 241

żyły, 189, 191, 192

biodrowa wewnętrzna, 193

biodrowa zewnętrzna, 193

biodrowe wspólne, 193

główna dolna, 193

główna górna, 193

łokciowa, 193

nerkowe, 193, 239

płucne, 189

podobojczykowa, 193

promieniowa, 193

ramiennie-głowowa, 193

wątrobową, 193

Pozycja anatomiczna

Stań prosto, patrząc przed siebie, i opuść ręce wzdłuż ciała z dłońmi zwróconymi wewnętrzną stroną do przodu.

Terminy anatomiczne

- ✓ *Przedni lub brzuszny*: Umieszczony z przodu lub biegnący w kierunku przedniej części ciała.
- ✓ *Tylny lub grzbietowy*: Umieszczony z tyłu lub biegnący w kierunku tylnej części ciała.
- ✓ *Czaszkowy*: Umieszczony w pobliżu głowy.
- ✓ *Ogonowy*: Umieszczony w pobliżu lub biegnący w stronę kości ogonowej.
- ✓ *Górny*: Położony powyżej danej części ciała lub bezpośrednio nad nią.
- ✓ *Dolny*: Położony poniżej danej części ciała lub bezpośrednio pod nią.
- ✓ *Pośrodkowy lub przyśrodkowy*: Leżący w przyśrodkowej części ciała lub do niej biegnący.
- ✓ *Boczny*: Znajdujący się z boku ciała lub do niego biegnący.
- ✓ *Bliższy*: Położony bliżej punktu przyczepu kończyny.
- ✓ *Dalszy*: Położony dalej od punktu przyczepu kończyny.
- ✓ *Wewnętrzny*: Skierowany do wnętrza ciała.
- ✓ *Zewnętrzny*: Skierowany na zewnątrz ciała.
- ✓ *Powierzchniowy*: Położony na powierzchni ciała.
- ✓ *Głęboki*: Położony pod powierzchnią ciała.
- ✓ *Ścienna*: Błona pokrywająca wewnętrzną stronę jam ciała.
- ✓ *Trzewna*: Błona okrywająca narządy.

Płaszczyzny ciała

- ✓ *Płaszczyzna strzałkowa*: Biegnie pionowo przez ciało, dzieląc je na część lewą i prawą.
 - *Płaszczyzna strzałkowa pośrodkowa*: Dzieli ciało na równe połowy wzdłuż jego pionowej osi symetrii.
 - *Płaszczyzna strzałkowa przypośrodkowa*: Jest równoległą do pośrodkowej, ale nie dzieli ciała symetrycznie.
- ✓ *Płaszczyzna czołowa*: Biegnie prostopadle do płaszczyzny strzałkowej, dzieląc ciało na część przednią (brzuszną) i tylną (grzbietową).
- ✓ *Płaszczyzna poprzeczna*: Płaszczyzna pozioma dzieląca ciało na część górną i dolną.

Układy ciała

- ✓ *Kostny*: Kości i tkanka łączna.
- ✓ *Mięśniowy*: Mięśnie poprzecznie prążkowane.
- ✓ *Powłoka wspólna*: Skóra, paznokcie, włosy, gruczoły skórne oraz receptory i zakończenia nerwowe w skórze.
- ✓ *Nerwowy*: Mózg, rdzeń kręgowy, jądra nerwowe, nerwy, narządy zmysłów.
- ✓ *Krążenia*: Serce, naczynia krwionośne, krew.
- ✓ *Limfatyczny*: Migdałki, śledziona, grasica, węzły chłonne i limfa.
- ✓ *Trawienny*: Jama ustna, przełyk, żołądek, jelito cienkie, jelito grube (wszystkie te narządy tworzą przewód pokarmowy) oraz narządy pomocnicze, czyli ślinianki, trzustka, wątroba i woreczek żółciowy.
- ✓ *Oddechowy*: Nos, krtań, gardło, tchawica, oskrzela i płuca.
- ✓ *Moczowy*: Nerki, moczowody oraz pęcherz i cewka moczowa.
- ✓ *Wydzielniczy*: Przysadka mózgowa, tarczycza, gruczoły przytarczycowe, nadnercza, wydzielnicza część trzustki, jajniki i jądra (wszystkie te organy wydzielają hormony do krwi).
- ✓ *Rozrodczy*: Jajniki, jajowody, macica, pochwa i srom (u kobiet); jądra, powrózki nasienne, prącie, cewka moczowa, prostata i gruczoły Cowpera (u mężczyzn).

Jamy ciała

- ✓ *Jama grzbietowa*: Kości czaszki i kręgosłup; znajduje się w tylnej (grzbietowej) części ciała:
 - *Puszka mózgowa*: Zawiera mózg.
 - *Część kręgową*: Zawiera rdzeń kręgowy stanowiący przedłużenie mózgu.
- ✓ *Jama brzuszno-piersiowa*: Znajduje się w przedniej części tułowia i jest przedzielona przeponą na jamę klatki piersiowej i jamę brzuszną.
- ✓ *Jama klatki piersiowej*: Klatka piersiowa zawierająca tchawicę, oskrzela, płuca, przełyk, serce, główne naczynia krwionośne, grasicę, węzły chłonne i nerwy. Znajdują się w niej mniejsze jamy:
 - *jama opłucnej* otaczająca każde płuco;
 - *osierdzie* zawierające serce.
- ✓ *Jama brzuszno-miedniczna*: Dzieli się na część brzuszną i należącą do miednicy (ich granicę wyznacza prosta łącząca obie kości biodrowe).
- ✓ *Jama brzuszna*: Zawiera żołądek, wątrobę, woreczek żółciowy, trzustkę, śledzionę, nerki, jelita (cienkie i grube) oraz jajniki (u kobiet); narządy te otoczone są otrzewną.
- ✓ *Jama miednicy*: Zawiera okrężnicę, odbytnicę, pęcherz moczowy i macicę (u kobiet).

