

**Fizjologia  
zwierząt i człowieka**

Autorzy

<b>Andrzej Borman</b>	D4
<b>Tomasz Cecot</b>	6
<b>Ziemowit Ciepielewski</b>	11.5, D3
<b>Joanna Dunacka</b>	12
<b>Wojciech Glac</b>	14, 16
<b>Beata Grembecka</b>	10
<b>Michał Jaskulski</b>	D5
<b>Grażyna Jerzemowska</b>	8
<b>Edyta Jurkowlaniec</b>	6, 11, 12, D1
<b>Danuta Lewandowska</b>	5, D2
<b>Irena Majkutewicz</b>	8
<b>Dorota Myślińska</b>	13, 15
<b>Jolanta Orzeł-Gryglewska</b>	3, 7, 9
<b>Karolina Plucińska</b>	6, 12, 15
<b>Wojciech Stojek</b>	1, 2, 3.2, 4

# **Fizjologia zwierząt i człowieka**

pod redakcją  
**Danuty Lewandowskiej, Jolanty Orzeł-Gryglewskiej  
i Edyty Jurkowlaniec**

Wydanie trzecie poprawione  
i rozszerzone

Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego  
Gdańsk 2019

Recenzent  
*dr hab. Marek Jurkowski, prof. UWM*

Redaktor wydania pierwszego i drugiego  
*Dorota Zgaińska*

Redaktor wydania trzeciego  
*Maria Kosznik*

Skład i łamanie  
*Maksymilian Biniakiewicz*

Publikacja dofinansowana z funduszu Katedry Fizjologii Zwierząt  
i Człowieka Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego

© Copyright by Uniwersytet Gdański  
Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego

ISBN 978-83-7865-917-4

Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego  
ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot  
tel./fax 58 523 11 37, tel. 725 991 206  
e-mail: [wydawnictwo@ug.edu.pl](mailto:wydawnictwo@ug.edu.pl)  
[www.wyd.ug.edu.pl](http://www.wyd.ug.edu.pl)

Księgarnia internetowa: [www.kiw.ug.edu.pl](http://www.kiw.ug.edu.pl)

Druk i oprawa  
Zakład Poligrafii Uniwersytetu Gdańskiego  
ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot  
tel. 58 523 14 49; fax 58 551 05 32

# Spis treści

<b>Spis treści .....</b>	<b>5</b>
<b>Przedmowa .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Cechy tkanki pobudliwej na przykładzie mięśnia szkieletowego.....</b>	<b>13</b>
1.1. Podstawowe definicje .....	13
1.2. Fizjologia mięśni szkieletowych poprzecznie prążkowanych .....	16
1.3. Molekularny mechanizm skurczu mięśniowego.....	16
1.4. Skurcze mięśni szkieletowych.....	17
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	19
<b>2. Fizjologia mięśni, skurcz mięśniowy .....</b>	<b>23</b>
2.1. Budowa mięśnia szkieletowego.....	23
2.2. Skurcz izotoniczny .....	23
2.3. Skurcz izometryczny .....	24
2.4. Skurcz aukstoniczny .....	25
2.5. Zjawiska chemiczne i ciepłne w mięśniu .....	26
2.6. Zmęczenie mięśni .....	27
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	27
<b>3. Elektrofizjologia i przewodzenie impulsu w nerwach obwodowych .....</b>	<b>31</b>
3.1. Istota impulsu nerwowego .....	31
3.1.1. Pojęcia podstawowe.....	31
3.1.2. Potencjał spoczynkowy .....	31
3.1.3. Potencjał czynnościowy .....	31
3.2. Zjawiska chemiczne towarzyszące procesowi pobudzenia .....	36
3.2.1. Potencjał dyfuzyjny .....	36
3.2.2. Potencjał spoczynkowy komórki.....	36
3.2.3. Potencjał czynnościowy komórki .....	38
3.3. Rola jonów wapniowych w procesie pobudzenia .....	39
3.4. Zjawiska elektrotoniczne.....	40
3.4.1. Teoria małych prądów (kablowa, wędrującej katody) Katza, Hodgkina i Huxleya .....	41
3.5. Cechy przewodzenia impulsu w nerwach.....	43
3.6. Potencjały postsynaptyczne.....	47
3.7. Przekazywanie impulsu między komórkami pobudliwymi .....	48
3.8. Mediatory synaptyczne i ich receptory.....	52
3.9. Receptory błonowe.....	53
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	55

<b>4. Cechy czynności odruchowej, rdzeń kręgowy, odruchy rdzeniowe.....</b>	<b>58</b>
4.1. Odruch – definicje, schemat i elementy składowe łuku odruchu.....	58
4.2. Cechy czynności odruchowej.....	60
4.3. Rdzeń kręgowy .....	63
4.3.1. Budowa rdzenia kręgowego.....	63
4.3.2. Funkcje rdzenia kręgowego.....	66
4.3.3. Objawy uszkodzeń rdzenia kręgowego.....	69
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	70
<b>5. Pień mózgu – czynności odruchowe i reakcje statokinetyczne.....</b>	<b>75</b>
5.1. Rdzeń przedłużony (opuszka).....	75
5.2. Poziomy integracji mechanizmu postawnego .....	76
5.2.1. Odruchy statotoniczne .....	77
5.2.2. Odruchy statokinetyczne.....	78
5.3. Ośrodki odruchowe w rdzeniu przedłużonym .....	79
5.4. Układ pozapiramidowy.....	80
5.4.1. Budowa układu pozapiramidowego.....	80
5.4.2. Uszkodzenia układu pozapiramidowego u człowieka .....	83
5.4.3. Funkcje układu pozapiramidowego .....	83
5.5. Mózdzek.....	84
5.5.1. Budowa mózdzku .....	84
5.5.2. Budowa kory mózdzku .....	85
5.5.3. Funkcje mózdzku .....	86
5.5.4. Uszkodzenia mózdzku (objawy Lucianiego).....	88
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	88
<b>6. Ogólne zasady funkcjonowania receptorów .....</b>	<b>92</b>
6.1. Definicja bodźca i receptora.....	92
6.2. Klasyfikacja receptorów.....	93
6.3. Integracja ośrodkowa.....	95
6.4. Fizjologia wybranych receptorów .....	96
6.4.1. Mechanoreceptory.....	96
6.4.2. Termoreceptory.....	98
6.4.3. Nocyceptory .....	99
6.4.4. Słuch .....	101
6.4.5. Równowaga.....	106
6.4.6. Wzrok .....	108
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	116
<b>7. Wybrane układy czynnościowe wyższych pięter</b>	
<b>ośrodkowego układu nerwowego .....</b>	<b>125</b>
7.1. Twór (układ) siatkowaty .....	125
7.2. Wzgórze.....	129
7.3. Podwzgórze .....	129
7.4. Układ limbiczny.....	136
7.5. Kora mózgowa .....	140
7.5.1. Budowa kory mózgowej .....	140
7.5.2. Lokalizacja funkcji w korze mózgowej.....	141
7.5.3. Czynność bioelektryczna kory mózgowej.....	146
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	152

<b>8. Odruchy</b> .....	<b>156</b>
8.1. Klasyfikacja odruchów.....	156
8.1.1. Odruchy bezwarunkowe .....	156
8.1.2. Odruchy warunkowe .....	156
8.2. Porównanie odruchów warunkowych klasycznych i instrumentalnych.....	160
8.3. Hamowanie odruchów warunkowych.....	161
8.4. Typy układu nerwowego według Pawłowa .....	162
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	164
<b>9. Krążenie krwi</b> .....	<b>167</b>
9.1. Fizjologia serca .....	167
9.1.1. Cechy mięśnia sercowego .....	167
9.1.2. Cykl sercowy .....	167
9.1.3. Automatyzm serca – układ bodźcotwórczo-przewodzący.....	169
9.2. Regulacja rytmu serca.....	170
9.2.1. Regulacja nerwowa .....	170
9.2.2. Regulacja humoralna .....	171
9.2.3. Rozchodzenie się stanu pobudzenia w sercu .....	171
9.2.4. Adaptacja serca do zwiększonego wysiłku .....	172
9.3. Elektrokardiografia (EKG).....	173
9.4. Łożysko naczyniowe.....	176
9.5. Tętno i ciśnienie krwi .....	177
9.6. Podstawowe prawa hemodynamiki .....	181
9.7. Wymiana cieczy przez ściany naczyń włosowatych – siły filtracji i resorpcji .....	184
9.8. Nerwowa i humoralna regulacja krążenia krwi.....	186
9.8.1. Unerwienie naczynioruchowe.....	186
9.8.2. Ośrodkowa regulacja krążenia krwi .....	187
9.9. Regulacja ciśnienia tętniczego.....	188
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	189
<b>10. Autonomiczny układ nerwowy</b> .....	<b>195</b>
10.1. Główne funkcje autonomicznego układu nerwowego.....	195
10.2. Podział autonomicznego układu nerwowego .....	195
10.3. Organizacja łuków odruchowych dla reakcji odbywających się za pośrednictwem AUN .....	197
10.4. Ośrodki nerwowe regulujące czynność współczulną .....	198
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	199
<b>11. Podstawy fizjologii oddychania i wysiłku fizycznego</b> .....	<b>204</b>
11.1. Budowa anatomiczna układu oddechowego .....	204
11.1.1. Mięśnie oddechowe i ich unerwienie .....	204
11.2. Mechanizm wdechu i wydechu .....	205
11.3. Jama opłucnowa i jej znaczenie .....	206
11.3.1. Objętość i pojemność płuc .....	207
11.3.2. Wentylacja płuc.....	209
11.4. Regulacja oddychania.....	210
11.4.1. Automatyczna i dowolna regulacja oddychania.....	210
11.4.2. Chemiczna regulacja oddychania.....	211
11.4.3. Receptory płucne.....	212

11.4.4. Podsumowanie .....	213
11.5. Określanie wydolności fizycznej organizmu .....	214
11.5.1. Bezpośredni pomiar maksymalnego zużycia tlenu .....	215
11.5.2. Pośrednie określanie zużycia tlenu .....	215
Zadania – ćwiczenia praktyczne .....	216
<b>12. Czynności nerki i wydalanie moczu .....</b>	<b>226</b>
12.1. Podstawowe informacje dotyczące nerki (ren) .....	226
12.2. Wytwarzanie moczu .....	228
12.3. Podstawowe pojęcia, dotyczące funkcji nerek .....	230
12.4. Układ renina-angiotensynogen-aldosteron (RAA) .....	232
Zadania – ćwiczenia praktyczne .....	233
<b>13. Budowa i rola krwi – układ czerwonokrwinkowy .....</b>	<b>235</b>
13.1. Skład krwi .....	235
13.1.1. Osocze .....	235
13.1.2. Elementy morfotyczne .....	235
13.2. Wskaźniki stosowane w diagnostyce hematologicznej .....	236
13.2.1. Erytrocyty (RBC – <i>red blood cells</i> ) – krwinki czerwone .....	236
13.2.2. Hematokryt .....	238
13.2.3. Hemoglobina .....	238
13.2.4. Płytki krwi (trombocyty, PLT) .....	240
13.3. Barwniki oddechowe .....	240
13.3.1. Rodzaje barwników oddechowych .....	240
13.3.2. Budowa hemoglobiny .....	241
13.3.3. Rodzaje hemoglobiny .....	241
13.3.4. Właściwości allosteryczne hemoglobiny .....	241
13.3.5. Rodzaje hemoglobiny ze względu na jej wysycenie .....	242
13.3.6. Powinowactwo hemoglobiny do tlenu .....	242
13.4. Transport O <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> .....	243
13.5. Hematopoeza (hemopoeza) .....	245
Zadania – ćwiczenia praktyczne .....	248
<b>14. Budowa i rola krwi – układ białokrwinkowy .....</b>	<b>255</b>
14.1. Układ limfatyczny – budowa i funkcje .....	256
14.1.1. Narządy ośrodkowe układu limfatycznego .....	257
14.1.2. Narządy obwodowe układu limfatycznego .....	261
14.2. Odpowiedź immunologiczna – komponenty i właściwości .....	262
14.2.1. Mechanizmy odpowiedzi odpornościowej .....	262
14.2.2. Typy odpowiedzi immunologicznej .....	263
14.2.3. Etapy odpowiedzi immunologicznej .....	263
14.3. Odpowiedź nieswoista .....	264
14.3.1. Układ dopełniacza (komplementu) .....	264
14.3.2. Interferony (IFN) .....	265
14.3.3. Komórki żerne – monocyty/makrofagi oraz granulocyty .....	265
14.3.4. Komórki tuczne – mastocyty .....	268
14.3.5. Komórki dendrytyczne .....	269
14.3.6. Komórki NK ( <i>natural killer</i> ) .....	269
14.4. Odpowiedź swoista – limfocyty i ich właściwości .....	271
14.4.1. Limfocyty B .....	271



14.4.2. Limfocyty T.....	273
14.4.3. Prezentacja antygenów i aktywacja limfocytów.....	275
14.5. Alergia.....	276
14.6. Zapalenie.....	277
14.7. Filogeneza układu odpornościowego.....	278
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	279
<b>15. Krzepnięcie krwi.....</b>	<b>285</b>
15.1. Hemostaza i jej etapy.....	285
15.2. Czynniki krzepnięcia krwi.....	286
15.3. Mechanizmy krzepnięcia krwi.....	286
15.4. Schorzenia związane z układem krzepnięcia krwi.....	288
15.4.1. Zakrzepice.....	288
15.4.2. Skazy krwotoczne.....	289
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	289
<b>16. Układy grupowe krwi i konflikty serologiczne.....</b>	<b>292</b>
16.1. Układy grupowe krwinek czerwonych.....	292
16.1.1. Układ grupowy AB0.....	292
16.1.2. Układ grupowy Rh.....	293
16.2. Konflikty serologiczne.....	294
16.2.1. Konflikt potransfuzyjny.....	294
16.2.2. Konflikt matczyno-płodowy.....	295
Zadania – ćwiczenia praktyczne.....	295
<b>Dodatek 1. Podstawowe wiadomości z budowy ośrodkowego układu nerwowego ...</b>	<b>298</b>
D1.1. Podział anatomiczny.....	298
D1.1.1. Układ nerwowy ośrodkowy.....	298
D1.1.2. Układ nerwowy obwodowy.....	298
D1.2. Podział czynnościowy.....	299
D1.2.1. Układ nerwowy somatyczny ( <i>systema nervosum somaticum</i> ).....	299
D1.2.2. Układ nerwowy autonomiczny ( <i>systema nervosum autonomicum</i> ).....	299
D1.2.3. Układ nerwowy ośrodkowy (mózgowie i rdzeń kręgowy).....	299
D1.3. Rozwój pęcherzyków mózgowych.....	299
D1.4. Komory mózgu.....	300
D1.5. Płyn mózgowo-rdzeniowy.....	300
D1.6. Opony mózgu.....	301
D1.7. Budowa mózgu.....	302
D1.7.1. Kresomózgowie ( <i>telencephalon</i> ).....	302
D1.7.2. Międzymózgowie ( <i>diencephalon</i> ).....	303
D1.7.3. Śródmózgowie ( <i>mesencephalon</i> ).....	304
D1.7.4. Most ( <i>pons</i> ).....	305
D1.7.5. Rdzeń przedłużony ( <i>medulla oblongata</i> ) lub opuszka ( <i>bulbus</i> ).....	306
D1.7.6. Mózdzek ( <i>cerebellum</i> ).....	306
D1.7.7. Twór siatkowaty ( <i>formatio reticularis</i> ).....	307
D1.7.8. Rdzeń kręgowy.....	307
D1.8. Unaczynienie mózgowia i rdzenia kręgowego.....	308
D1.9. Budowa tkanki nerwowej.....	309
D1.10. Układ nerwowy obwodowy.....	310
D1.10.1. Układ somatyczny.....	310

D1.10.2. Nerwy czaszkowe i rdzeniowe.....	311
D1.10.3. Układ autonomiczny.....	317
<b>Dodatek 2. Psychoneuroimmunologia .....</b>	<b>322</b>
D2.1. Poglądy o autonomii OUN i układu odpornościowego.....	322
D2.2. Immunologiczne uprzywilejowanie OUN .....	322
D2.3. Badania grupy Besedovskiego .....	324
D2.4. Cytokiny – mediatory powiązań neuroimmunologicznych .....	325
D2.5. Rola nerwu błędnego i acetylocholino- w oddziaływaniach neuroimmunologicznych.....	326
D2.6. Ósrodkowe cytokiny prozapalne – <i>sickness behavior</i> .....	327
D2.7. Obustronne powiązania pomiędzy OUN i układem odpornościowym .....	329
D2.7.1. Dowody na obustronne powiązania neuroimmunologiczne.....	330
<b>Dodatek 3. Układ dokrewny .....</b>	<b>341</b>
D3.1. Receptory, działanie i organizacja układu hormonalnego .....	343
D3.2. Hormony wytwarzane w podwzgórzu.....	345
D3.3. Hormony uwalniające i hamujące podwzgórza .....	347
D3.4. Hormony tropowe przysadki.....	348
D3.5. Hormony gruczołów obwodowych.....	351
D3.5.1. Szyszynka .....	351
D3.5.2. Tarczyca.....	352
D3.5.3. Przytarczycy i gospodarka wapniowa .....	354
D3.5.4. Gruczoł nadnerczowy .....	355
D3.5.5. Czynność wewnątrzwydzielnicza trzustki .....	359
D3.6. Układ rozrodczy .....	364
D3.6.1. Funkcjonowanie układu rozrodczego .....	364
<b>Dodatek 4. Środowisko wewnętrzne ustroju. Stres .....</b>	<b>369</b>
D4.1. Środowisko wewnętrzne ustroju.....	369
D4.2. Stres.....	370
D4.2.1. Podstawowe mechanizmy reakcji stresowej .....	372
D4.2.2. Osie podwzgórzowo-przysadkowo-nadnerczowa (PPN) oraz podwzgórzowo-współczulno-nadnerczowa (PWN) .....	374
D4.2.3. Czynniki psychiczne w stresie .....	378
D4.2.4. Problem niespecyficzności i specyfiki reakcji stresowej .....	379
D4.2.5. Międzyosobnicze zróżnicowanie podatności na stres .....	380
D4.2.6. Wrażliwość na stres u świń.....	381
<b>Dodatek 5. Stymulacja elektryczna .....</b>	<b>384</b>
D5.1. Stymulacja elektryczna jako metoda stymulacji tkanki nerwowej.....	384
D5.2. Parametry charakteryzujące stymulację za pomocą prądu elektrycznego .....	386
D5.3. Stymulacja napięciowa i stymulacja prądowa.....	387
D5.4. Elektrody .....	388
D5.5. Uwagi praktyczne dotyczące stymulacji.....	388
<b>Słownik terminów .....</b>	<b>390</b>