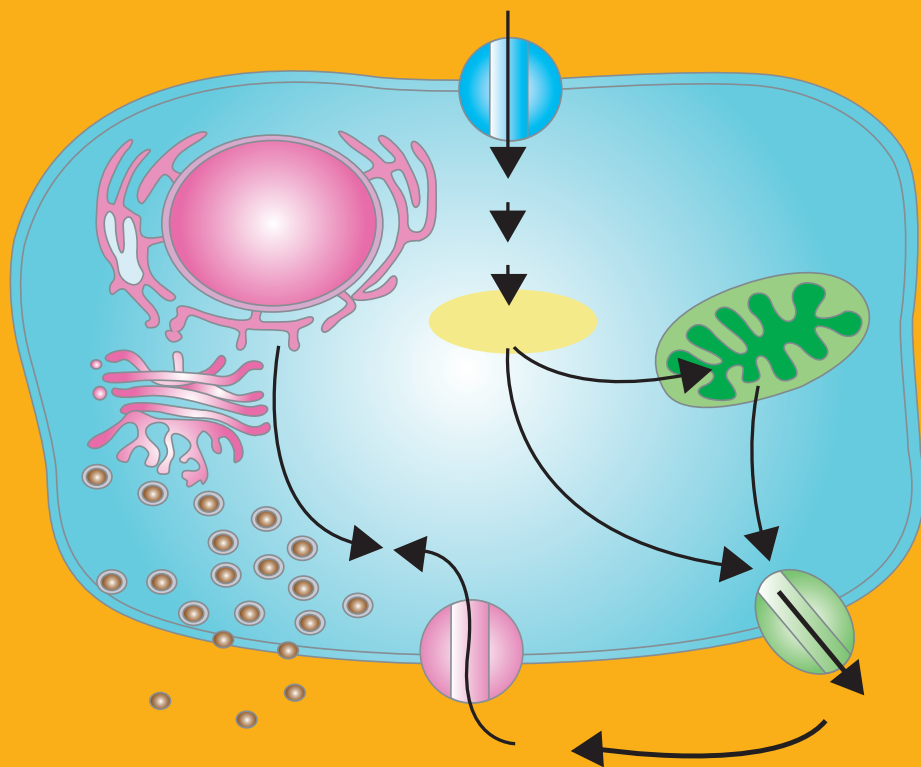


Otomar Kittnar a kolektiv

---

# Lékařská fyziologie

---





Otomar Kittnar a kolektiv

---

# Lékařská fyziologie

---

**Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy**

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **restně stíháno**.

**Prof. MUDr. Otomar Kittnar, CSc., MBA a kolektiv**

## LÉKAŘSKÁ FYZIOLOGIE

**Pořadatel díla:**

Prof. MUDr. Otomar Kittnar, CSc., MBA

**Autorský kolektiv:**

MUDr. Kateřina Jandová, PhD., prof. MUDr. Otomar Kittnar, CSc.,  
MUDr. Eduard Kuriščák, PhD., prof. MUDr. Miloš Langmeier, DrSc.,  
doc. MUDr. Dana Marešová, CSc., MUDr. Mikuláš Mlček, PhD.,  
prof. MUDr. Jaromír Mysliveček, PhD., prof. MUDr. Jaroslav Pokorný, DrSc.,  
MUDr. Vladimír Riljak, PhD., †prof. MUDr. Stanislav Trojan, DrSc.

**Pracoviště autorů:**

Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Fyziologický ústav

**Recenze:**

Prof. MUDr. Lubor Vokrouhlický, DrSc.

Prof. MUDr. Martin Vizek, CSc.

© Grada Publishing, a.s., 2011

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2011

Obrázek na obálce dle předlohy překreslil Mgr. Radek Krédl

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 4251. publikaci

Odpovědný redaktor Mgr. Jan Lomíček, Ph.D.

Sazba a zlom Jan Šístek

Obrázky dle předloh autorů překreslili Mgr. Radek Krédl (kap. 1, 3, 4, 7, 14, 16 a 21)  
a Jana Řeháková, DiS. (kap. 13, 15 a 18), část obrázků převzata z publikace Miloš Langmeier  
a kol. Základy lékařské fyziologie

Schémata a podklady k obrázkům dodali autoři.

Počet stran 800 stran

1. vydání, Praha 2011

Dotisk 2015

Vytiskla tiskárna PBtisk s.r.o., Příbram

*Názvy produktů, firem apod. použité v této knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno. Postupy a příklady v knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění ale nevyplývají pro autory ani pro nakladatelství žádné právní důsledky.*

*Všechna práva vyhrazena. Tato kniha ani její část nesmějí být žádným způsobem reprodukovány, ukládány či rozšiřovány bez písemného souhlasu nakladatelství.*

ISBN 978-80-247-9528-7 (pdf)

ISBN 978-80-247-3068-4 (print)

# Obsah

<b>Předmluva</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Fyziologické principy</b> ( <i>O. Kittnar, M. Langmeier, J. Mysliveček</i> ) .....	<b>11</b>
1.1 Uspořádání lidského těla .....	11
1.1.1 Buňka .....	11
1.1.2 Tkáň, orgán, orgánový systém .....	14
1.1.3 Vnitřní prostředí organismu .....	15
1.2 Homeostáza .....	18
1.2.1 Zpětné vazby .....	19
1.2.2 Regulační obvod .....	21
1.2.3 Ustálený stav .....	28
1.3 Fyziologie buňky .....	32
1.3.1 Buněčné jádro .....	32
1.3.2 Endoplazmatické retikulum .....	35
1.3.3 Golgiho aparát .....	36
1.3.4 Lyzozomy a peroxizomy .....	36
1.3.5 Mitochondrie .....	36
1.3.6 Cytoskelet .....	37
1.3.7 Buněčné membrány .....	38
1.4 Receptory .....	41
1.4.1 Rozdělení receptorů .....	41
1.4.2 Receptory cytoplazmatické .....	41
1.4.3 Receptory membránové .....	44
1.4.4 Přehled interakce některých signálních molekul s receptory .....	50
1.4.5 Receptorové regulace .....	51
1.5 Celulární transportní systémy .....	54
1.6 Vývoj a obnova tkání .....	59
<b>2 Obecná neurofyziologie</b> ( <i>M. Langmeier</i> ) .....	<b>67</b>
2.1 Reflex .....	67
2.2 Neuron .....	68
2.2.1 Membrána neuronu .....	69
2.2.2 Synapse .....	76
2.2.3 Mediátory .....	79
2.2.4 Nervově-svalová ploténka .....	81
2.2.5 Vzájemné vztahy mezi neurony .....	82
2.2.6 Mediátorové systémy .....	85
2.2.7 Wallerova degenerace a regenerace .....	87
2.3 Neuroglie .....	88
2.3.1 Ependymové buňky .....	88
2.3.2 Astrocyty .....	88
2.3.3 Oligodendroglie .....	88
2.3.4 Mikroglie .....	88
2.3.5 Schwannovy buňky .....	89
2.3.6 Satelitní buňky .....	89
2.3.7 Regulace extracelulární koncentrace kalia .....	89
<b>3 Fyziologie svalstva</b> ( <i>E. Kuriščák</i> ) .....	<b>91</b>
3.1 Fyziologie kosterní svaloviny .....	91
3.1.1 Makrostruktura kosterní svaloviny .....	91

3.1.2	Mikrostruktura kosterní svaloviny	93
3.1.3	Molekulární struktura kontraktilního aparátu	95
3.1.4	Molekulární podstata kontrakce	96
3.1.5	Spřažení kontrakce a excitace	97
3.1.6	Nervově-svalová ploténka	99
3.1.7	Motorická jednotka, motorická inervace	101
3.1.8	Zevní projevy svalové činnosti	103
3.1.9	Mechanické vlastnosti kontrakce celého svalu	105
3.1.10	Síla kosterního svalu a mechanika pohybu	108
3.1.11	Energetika svalové kontrakce	109
3.1.12	Efektivita svalové kontrakce	110
3.1.13	Svalová únava	111
3.1.14	Životní cyklus svalové tkáně	112
3.1.15	Elektromyografie	112
3.2	Hladký sval	113
3.2.1	Struktura hladké svaloviny	113
3.2.2	Kontraktilní mechanismus	114
3.2.3	Řízení kontrakce hladkého svalu	115
3.2.4	Propojení excitace a kontrakce	117
<b>4</b>	<b>Fyziologie krve (V. Riljak)</b>	<b>121</b>
4.1	Obecné vlastnosti krve	121
4.2	Krevní plazma	121
4.2.1	Anorganické složky krevní plazmy	121
4.2.2	Organické složky krevní plazmy	124
4.3	Červené krvinky (erythrocyty, červená krevní tělíska, red blood cells)	128
4.3.1	Morfologie červené krvinky	128
4.3.2	Membrána červených krvinek	129
4.3.3	Kvantitativní parametry červených krvinek	130
4.3.4	Hemoglobin	131
4.3.5	Transport kyslíku	132
4.3.6	Transport oxidu uhličitého	136
4.3.7	Metabolizmus červených krvinek a řízení jejich tvorby	139
4.3.8	Metabolizmus železa a jeho význam pro červené krvinky	139
4.3.9	Zánik červených krvinek	140
4.3.10	Krevní skupiny	141
4.4	Bílé krvinky	144
4.4.1	Granulocyty	144
4.4.2	Agranulocyty	145
4.5	Krevní destičky	145
4.6	Hemostáza – zástava krvácení	146
4.6.1	Vazokonstrikce	146
4.6.2	Reakce destiček	148
4.6.3	Hemokoagulace	148
4.6.4	Odstraňování krevního trombu	153
4.7	Fyziologie sleziny	154
4.7.1	Produkce, uchovávání a destrukce krevních elementů	154
4.7.2	Úloha sleziny v imunitní obraně organismu	154
<b>5</b>	<b>Fyziologie krevního oběhu (O. Kittnar)</b>	<b>155</b>
5.1	Funkční organizace srdečně-cévního systému	155
5.1.1	Transportní systémy ve fylogenetickém pohledu	155
5.1.2	Funkční anatomie lidského krevního oběhu	158
5.1.3	Funkční morfologie srdce	159
5.1.4	Přehled funkční morfologie cév	161

5.1.5	Rozložení krve v krevním oběhu	165
5.1.6	Odpor v krevním oběhu	166
5.2	Hemodynamika krevního oběhu	166
5.2.1	Vztah průtoku krve, tlaku krve a periferního odporu	167
5.2.2	Proudění krve	170
5.2.3	Viskozita krve	171
5.3	Obecné uspořádání systémového oběhu	172
5.4	Řídící mechanismy srdečně-cévního systému	173
5.4.1	Místní regulační mechanismy	175
5.4.2	Celkové regulační mechanismy	177
5.4.3	Centra řízení krevního oběhu	186
5.4.4	Interakce místních a celkových regulačních mechanismů	186
5.5	Mechanismy řízení činnosti srdce	188
5.5.1	Minutový srdeční výdej	188
5.5.2	Řízení srdeční frekvence	190
5.5.3	Řízení tepového objemu	205
5.6	Arteriální část systémového krevního řečiště	223
5.6.1	Tok krve v tepnách	223
5.6.2	Tlak krve v tepnách	226
5.7	Mikrocirkulace	228
5.7.1	Rozsah plochy určené výměně látek mezi krví a tkáněmi	230
5.7.2	Tvorba tkáňového moku	230
5.8	Lymfatický systém	233
5.9	Venózní část systémového oběhu	234
5.9.1	Tlak krve v žilách	234
5.9.2	Tok krve v žilách	234
5.10	Zvláštnosti průtoku krve v některých orgánech	237
5.10.1	Plicní cirkulace	237
5.10.2	Koronární cirkulace	239
5.10.3	Mozková cirkulace	241
5.10.4	Oběh krve ledvinami	242
5.10.5	Oběh krve splachnikem	242
5.10.6	Oběh krve kosterním svalstvem	244
5.10.7	Oběh krve kůží	244
5.10.8	Fetální cirkulace	246
5.11	Zevní projevy srdeční činnosti	246
5.11.1	Srdeční ozvy	247
5.11.2	Arteriální pulz a venózní pulz	249
5.11.3	Úder srdečního hrotu	249
5.11.4	Echokardiografie	249
5.11.5	Elektrokardiogram	250
<b>6</b>	<b>Fyziologie dýchání (M. Mlček)</b>	<b>263</b>
6.1	Úvod	263
6.2	Respirace v kostce	264
6.3	Pojmy a principy	268
6.3.1	Dýchací plyny a vzduch	268
6.3.2	Atmosférický vzduch	269
6.3.3	Fyzikální podstata dýchání	271
6.3.4	Množství plynu a standardní podmínky	273
6.3.5	Základní objemy, spirometrie	273
6.3.6	Zkratky a symboly	276
6.4	Zevní dýchání	277
6.4.1	Ventilace	277

6.4.2	Distribuce a dýchací cesty	289
6.4.3	Perfuze a plicní cévní řečiště	291
6.4.4	Plicní difuze	294
6.5	Transport plynů krví, zásobování tkání	297
6.5.1	Transport kyslíku	297
6.5.2	Transport CO <sub>2</sub>	300
6.5.3	Zásobování tkání při změnách metabolismu	302
6.6	Respirace a acidobazická rovnováha	304
6.7	Imunitní dohled v dýchacím traktu	307
6.8	Regulace dýchání	309
<b>7</b>	<b>Fyziologie trávení a vstřebávání (K. Jandová, V. Riljak, J. Pokorný)</b>	<b>315</b>
7.1	Sekrece	315
7.1.1	Sekrece slin	316
7.1.2	Žaludeční sekrece	320
7.1.3	Pankreatická šťáva	327
7.1.4	Žluč	334
7.1.5	Střevní šťáva	339
7.1.6	Sekrece v tlustém střevě	340
7.2	Trávení a vstřebávání	340
7.2.1	Trávení sacharidů	342
7.2.2	Vstřebávání sacharidů	343
7.2.3	Trávení tuků	344
7.2.4	Vstřebávání tuků	345
7.2.5	Trávení proteinů	345
7.2.6	Vstřebávání proteinů	347
7.2.7	Vstřebávání vody a elektrolytů	347
7.2.8	Vstřebávání vitaminů a minerálů	348
7.3	Motilita zažívacího traktu	349
7.3.1	Funkční morfologie svaloviny zažívacího traktu	350
7.3.2	Druhy pohybů gastrointestinálního traktu	351
7.3.3	Peristaltická vlna	352
7.3.4	Bazální elektrická aktivita	352
7.3.5	Migrující motorický komplex	354
7.3.6	Význam a funkce svěračů trávicí trubice	354
7.3.7	Polykání	354
7.3.8	Motilita jícnu	355
7.3.9	Motilita žaludku	357
7.3.10	Zvracení	358
7.3.11	Motilita tenkého střeva	358
7.3.12	Motilita tlustého střeva	359
7.4	Vylučování	359
7.5	Imunitní systém trávicího traktu	360
7.6	Řízení funkcí trávicího traktu	361
7.6.1	Neuronální řízení	362
7.6.2	Humorální řízení	364
7.7	Skladování potravy	368
7.8	Činnost jednotlivých oddílů trávicího traktu	369
7.8.1	Dutina ústní	369
7.8.2	Hltan, jícen	369
7.8.3	Žaludek	369
7.8.4	Duodenum a tenké střevo	370
7.8.5	Tlusté střevo	370
7.8.6	Stolice	370



7.8.7	Bakterie v tračníku	371
7.8.8	Střevní plyny	371
7.9	Zvláštnosti krevního oběhu v trávicí trubici	371
7.10	Játra	372
<b>8</b>	<b>Fyziologie vylučování (O. Kittnar)</b>	<b>377</b>
8.1	Význam a funkce vylučovacího systému	377
8.1.1	Vylučovací systém ve fylogenetickém pohledu	377
8.1.2	Základní úkoly vylučovací soustavy	379
8.2	Funkční morfologie ledvin	383
8.2.1	Funkční anatomie ledvin	383
8.2.2	Renální cirkulace	383
8.2.3	Funkční histologie ledvin	385
8.2.4	Inervace ledvin	387
8.3	Základní procesy tvorby moči	388
8.3.1	Glomerulární filtrace	389
8.3.2	Tubulární procesy	396
8.4	Regulační funkce ledvin	418
8.4.1	Tělesné tekutiny	418
8.5	Vývodné cesty močové	441
8.5.1	Funkce horních močových cest	442
8.5.2	Funkce dolních močových cest	442
8.5.3	Definitivní moč a její vlastnosti	443
8.6	Základní funkční vyšetření ledvin	447
8.6.1	Hodnocení velikosti glomerulární filtrace (GFR)	449
8.6.2	Hodnocení průtoku plazmy ledvinou (RPF)	450
8.6.3	Vyšetření koncentrační schopnosti ledvin	453
8.6.4	Vyšetření acidifikační schopnosti ledvin	453
<b>9</b>	<b>Řízení metabolických pochodů v organismu (O. Kittnar)</b>	<b>455</b>
9.1	Klasifikace metabolických reakcí	455
9.2	Řízení chemických reakcí	455
9.3	Řízení metabolických reakcí	460
9.3.1	Období zpracování přijaté potravy	460
9.3.2	Období spotřeby zásob	461
9.4	Energetická bilance organismu	470
<b>10</b>	<b>Fyziologie kůže (J. Pokorný)</b>	<b>473</b>
10.1	Stavba kůže	473
10.2	Funkce kůže	476
<b>11</b>	<b>Termoregulace (J. Pokorný)</b>	<b>477</b>
11.1	Výkyvy tělesné teploty	477
11.2	Systém izolace těla	477
11.3	Výměna tepla s prostředím v povrchních vrstvách těla	478
11.4	Termoregulační mechanismy	479
11.5	Řízení tělesné teploty	481
11.5.1	Termoreceptory	481
11.5.2	Hypotalamická řídicí centra (termostat)	481
11.5.3	Termoregulační efektorové mechanismy	481
11.6	Horečka	482
<b>12</b>	<b>Acidobazická rovnováha (O. Kittnar)</b>	<b>485</b>
12.1	Pufrovací systémy	486
12.2	Respirační kompenzace	488
12.3	Renální kompenzace	490

<b>13 Fyziologie žláz s vnitřní sekrecí (D. Marešová)</b> .....	<b>495</b>
13.1 Obecné mechanismy humorálních regulací .....	495
13.1.1 Principy řízení .....	497
13.1.2 Rozdělení hormonů .....	498
13.1.3 Tvorba hormonů .....	499
13.1.4 Receptory .....	503
13.1.5 Nástup a trvání účinků hormonu .....	506
13.1.6 Ukončení působení hormonů .....	506
13.2 Produkce hormonů periferními endokrinními žlázami – hypotalamo-hypofyzární systém .....	506
13.2.1 Adenohypofýza .....	508
13.2.2 Neurohypofýza .....	508
13.2.3 Periferní žlázy řízené hypotalamo-hypofyzární osou .....	512
13.3 Produkce hormonů endokrinními žlázami – řízení jednoduchou zpětnou vazbou .....	526
13.3.1 Langerhansovy ostrůvky .....	526
13.3.2 Řízení kalciofosfátového metabolismu .....	531
13.4 Nervově řízené uvolňování hormonů .....	536
13.5 Produkce hormonů neendokrinními typy buněk (tkáňové hormony) .....	538
13.5.1 Gastrointestinální systém .....	538
13.5.2 Tuková tkáň .....	538
13.5.3 Mozek .....	540
<b>14 Fyziologie reprodukčního systému (D. Marešová, O. Kittnar)</b> .....	<b>543</b>
14.1 Pohlavní diferenciacce .....	543
14.2 Reprodukční systém muže .....	545
14.2.1 Tvorba pohlavních buněk – spermatogeneze .....	545
14.2.2 Sertoliho buňky .....	547
14.2.3 Produkce pohlavních hormonů – steroidogeneze .....	548
14.2.4 Biologické účinky androgenů .....	550
14.2.5 Spermie .....	551
14.2.6 Ejakulát .....	552
14.2.7 Pohlavní spojení .....	552
14.3 Reprodukční systém ženy .....	553
14.3.1 Vývoj gonád .....	553
14.3.2 Produkce pohlavních hormonů .....	557
14.3.3 Ovariální cyklus .....	559
14.3.4 Děložní cyklus .....	561
14.3.5 Pohlavní spojení .....	561
14.4 Těhotenství .....	561
14.4.1 Placenta .....	563
14.4.2 Porod .....	565
14.4.3 Změny u žen během těhotenství .....	566
14.4.4 Změny v organismu plodu .....	568
14.5 Úvod do fyziologie novorozence .....	569
14.6 Sexuální chování .....	570
14.6.1 Sexuální identifikace .....	570
14.6.2 Sexuální orientace .....	570
14.6.3 Sexuální emoce .....	570
<b>15 Fyziologie centrální nervové soustavy (CNS) (M. Langmeier, D. Marešová,     J. Pokorný)</b> .....	<b>573</b>
15.1 Organizace a funkce CNS .....	573
15.1.1 Vlastnosti CNS .....	573
15.1.2 Vývoj CNS .....	574

15.2	Vnitřní prostředí CNS	577
15.2.1	Hematoencefalická bariéra	577
15.2.2	Mozkomíšni mok (cerebrospinální tekutina, likvor)	583
15.2.3	Extracelulární prostor CNS	587
15.2.4	Neuroglie	587
15.2.5	Regulace extracelulární koncentrace kalia	589
15.3	Biologické rytmy	591
15.3.1	Rozdělení biorytmů	591
15.3.2	Nervová složka biorytmů	592
15.3.3	Humorální složka biorytmů	595
15.4	Integrační funkce centrálního nervového systému	597
15.4.1	Pátevní mícha	598
15.4.2	Mozkový kmen a mezimozek	598
15.4.3	Limbický systém	600
15.4.4	Mozková kůra	601
15.5	Fyziologie chování a paměti	603
15.5.1	Mechanismy řídicí chování na základě vrozených informací	604
15.5.2	Mechanismy řídicí chování na základě získaných informací	605
15.5.3	Neuronální mechanismy učení a paměti	611
15.5.4	Specifické rysy nervové činnosti u člověka	612
<b>16</b>	<b>Senzorický nervový systém (J. Pokorný)</b>	<b>615</b>
16.1	Receptory a senzorické systémy	615
16.2	Buněčné mechanismy senzorických funkcí	616
16.3	Rozdělení receptorů	618
16.3.1	Fotoreceptory	619
16.3.2	Mechanoreceptory	622
16.3.3	Chemoreceptory	623
16.3.4	Termoreceptory	624
16.3.5	Receptory bolesti (nociceptory)	624
16.4	Vnímání vlastního těla	625
16.4.1	Kožní čítí	627
16.4.2	Bolest	631
16.4.3	Vnímání polohy a pohybu	635
16.5	Zrak	641
16.5.1	Optický aparát oka	641
16.5.2	Sítnice	643
16.5.3	Přenos a zpracování zrakové informace	643
16.5.4	Přídavné orgány oka	650
16.6	Sluch	651
16.6.1	Funkce zevního a středního ucha	651
16.6.2	Funkce vnitřního ucha	652
16.6.3	Přenos a zpracování sluchové informace	654
16.7	Chuť a čich	655
16.7.1	Chuť	655
16.7.2	Čich	658
<b>17</b>	<b>Motorický nervový systém (M. Langmeier, S. Trojan)</b>	<b>661</b>
17.1	Spinální mícha	662
17.1.1	Monosynaptické reflexy	663
17.1.2	Polysynaptické reflexy	669
17.1.3	Míšní šok	672
17.2	Mozkový kmen	672
17.2.1	Prodloužená mícha	672
17.2.2	Varolův most	672

17.2.3	Střední mozek	673
17.3	Mozeček	678
17.4	Bazální ganglia	681
17.5	Mozková kůra	683
<b>18</b>	<b>Vegetativní nervový systém (J. Mysliveček)</b>	<b>687</b>
18.1	Autonomní ústředí	687
18.1.1	Mozkový kmen	687
18.1.2	Hypotalamus	688
18.2	Periferní oddíly	701
18.2.1	Oddíly autonomního nervového systému	703
18.2.2	Sympatikus	703
18.2.3	Parasympatikus	704
18.3	Neurochemie autonomního nervového systému	704
18.4	Enterický nervový systém	709
<b>19</b>	<b>Fyziologie tělesné zátěže (O. Kittnar)</b>	<b>713</b>
19.1	Rezervy organismu pro pracující svaly	714
19.2	Začátek svalového výkonu	714
19.2.1	Reakce oběhového systému a energetické zdroje	716
19.2.2	Reakce dýchacího systému	718
19.2.3	Vliv trénovanosti	720
19.2.4	Reakce termoregulačních mechanismů	722
19.3	Tělesná zátěž ve fázi ustáleného stavu	724
19.3.1	Řízení energetického metabolismu	724
19.3.2	Kardiovaskulární systém během ustáleného stavu	725
19.3.3	Respirační systém během ustáleného stavu tělesné zátěže	726
19.3.4	Termoregulační mechanismy během ustáleného stavu tělesné zátěže	728
19.4	Konec ustáleného stavu	728
19.5	Únava	731
19.6	Pozátěžový stav	732
<b>20</b>	<b>Fyziologie imunitního systému (O. Kittnar)</b>	<b>733</b>
20.1	Funkční morfolgie imunitního systému	733
20.1.1	Leukocyty	733
20.1.2	Lymfatické tkáně	734
20.2	Imunitní odpověď	734
20.2.1	Nespecifická imunita	735
20.2.2	Specifická imunita	741
<b>21</b>	<b>Fyziologie životního cyklu (M. Langmeier)</b>	<b>747</b>
21.1	Ontogeneze	747
21.1.1	Ontogeneze nervové buňky	748
21.1.2	Ontogeneze synapse	750
21.1.3	Ontogeneze hematoencefalické bariéry	750
21.1.4	Ontogeneze periferního nervu	751
21.1.5	Ontogeneze motorických funkcí	751
21.1.6	Ontogeneze sensorických funkcí	754
21.2	Stárnutí	757
21.2.1	Stárnutí nervového systému	758
21.2.2	Stárnutí pohybového aparátu	759
21.2.3	Stárnutí transportního systému	759
	<b>Seznam zkratk a značek</b>	<b>761</b>
	<b>Rejstřík</b>	<b>767</b>

## Předmluva

Fyziologie člověka je jedním ze základních lékařských oborů a jako věda zabývající se funkcemi lidského organismu vychází jednak z přirozené potřeby každého myslícího člověka pochopit alespoň základně pochody ve vlastním těle a jednak z potřeby přírodních věd popsat co nejpřesněji podstatu pochodů, které život jedince zajišťují.

Definovat fyziologii jako vědní obor je relativně snadné, obtížnější už je ji poznat, vymežit a porozumět jí. Definice fyziologie je totiž velmi jednoduchá a srozumitelná: zjednodušeně lze říci, že fyziologie člověka je nauka, jejímž cílem je vysvětlit fungování lidského organismu. Na rozdíl od definice je však, podobně jako je tomu i u jiných lékařských oborů, velmi obtížné jednoznačně vymežit skutečnou náplň fyziologie člověka. Hranice mezi fyziologií a řadou dalších biomedicinských věd jako biochemií, molekulární biologii, genetikou, imunologií, biofyzikou atd. je přinejmenším neztřetelná. Pokud tedy pojmem fyziologii jako jednu z metod poznání v biomedicinských vědách, pak ji spíše chápeme jako integrující vysvětlení biochemických, fyzikálních a biologických principů jednotlivých dějů v organismu. Lékařská fyziologie je pak ta část fyziologie člověka, která se zaměřuje na pochopení a výklad funkcí organismu a jeho částí z pohledu lékařství – vybírá a zdůrazňuje tedy ty funkce a pochody lidského těla, jejichž poznání je podstatné pro porozumění dalším preklinickým a klinickým oborům.

Obtížnost fyziologie spočívá především ve skutečnosti, že popis jednotlivých dějů a pochodů na celulární a molekulární úrovni sice vede k pochopení jejich základní podstaty, často ale vede ke ztrátě vnímání jejich úlohy z „nadhledu“ celého organismu. Proto je třeba stále vidět za všemi procesy, které v těle probíhají, jejich smysl v kontextu fungování celého organismu. Tyto procesy v jednotlivých buňkách a tkáních totiž nejsou samoučelné – jejich cílem je především zajistit sobě, ale hlavně ostatním buňkám a tkáním takové podmínky, aby mohly přežívat jak za aktuálních (a někdy i extrémních) podmínek, tak i dlouhodobě, a to nejen z pohledu jedince, ale i celého lidského rodu. To samozřejmě vyžaduje velmi pečlivou a přesnou koordinaci všech pochodů v těle.

Studium fyziologie nevede pouze k odpovědím na otázky, jak tyto pochody probíhají a jak jsou řízeny. Mělo by zájemcům o obor také odhalit, že ne vše je již známo a že studium tak zůstává „nikdy nekončícím příběhem“, který by měl probouzet a rozšiřovat vědecké zájmy studentů a otevírat jim nové pohledy na lidský organismus i podstatu dějů, které v něm probíhají.

Byli bychom proto rádi, kdyby tato kniha sloužila ne jako suchý učební text, který je třeba vstřebat, ale především jako inspirace k hlubšímu zamyšlení nad povahou procesů, které v lidském těle probíhají, nad jejich podstatou a důsledky a také nad způsobem, jakým jsou řízeny.

*Praha, leden 2010*  
*autoři*



# 1 Fyziologické principy

*Otomar Kittnar, Miloš Langmeier, Jaromír Mysliveček*

## 1.1 Uspořádání lidského těla

Lidský organizmus má neuvěřitelně komplexní a důmyslnou strukturu počínaje umístěním jednotlivých orgánů či tkání a konče chemickým složením buněčných organel. Tato mimořádná složitost však přestává být nepochopitelnou, jestliže si uvědomíme funkční vztahy mezi jednotlivými strukturami. V tom okamžiku se totiž představí lidské tělo v logických souvislostech interakcí vedoucích k udržení celistvosti a životaschopnosti všech struktur od buněčných organel až po celý organizmus.

Můžeme si pro názorný příklad představit činnost v našem životě zcela běžnou – chůzi. Fázické svaly dolních končetin a pletence pánevního zajišťují svými rytmickými kontrakcemi pohyb, jehož rozsah a možnosti jsou dány skeletem a vlastnostmi kloubů zúčastněných na pohybu. Tonické svaly trupu a fázické svaly horních končetin pak pomáhají udržet vzpřímenou polohu a rovnováhu. Svaly ovšem pro svoji činnost nutně potřebují energii. Tu získávají v pochodech buněčného metabolismu, při kterých se spotřebovává kyslík a živiny. Ty se do svalů dostávají díky krevnímu oběhu, který obsahuje tekutinu – krev, jež je mimo jiných funkcí vhodně uzpůsobena pro transport látek. Transport kyslíku je zajišťován červenými krvinkami obsahujícími látku specializovanou pro tuto funkci – hemoglobin. Aby se ale červené krvinky obsahující kyslík a plazma s živinami dostaly k pracujícím svalům, musí rytmicky pracovat srdce, a aby byl kyslík v krevním oběhu neustále doplňován, musí se v plicích procesem dýchání neustále obnovovat vzduch. Živiny se do krevního oběhu dostávají jednak z vlastních zásob a jednak z potravy, kterou však musí pro tyto účely zpracovat a upravit zažívací ústrojí. Toto vše ale musí probíhat v relativně velmi stálých fyzikálních i chemických podmínkách vnitřního prostředí, o což se mimo jiné starají kůže, ledviny a imunitní systém. A konečně celý tento proces musí být mimořádně pečlivě řízen, koordinován a uzpůsoben okamžitým podmínkám vnějšího a vnitřního prostředí. O to se starají nervový a endokrinní systém.

Z uvedeného příkladu je zřejmé, že přestože každá tkáň vykonává své vlastní specifické funkce, jsou ve skutečnosti všechny tyto funkce logicky propojeny a řízeny tak, aby v konečném výsledku splnily společný úkol.

### 1.1.1 Buňka

Základní stavební jednotkou každého živého organismu je buňka. Tuto skutečnost formuloval jako první významný český fyziolog **Jan Evangelista Purkyně** (1787–1869) a tento svůj snad nejvýznamnější objev prezentoval na sjezdu německých přírodovědců a lékařů v pražském Karolinu roku 1837.

V lidském těle je dohromady více než 200 různých druhů buněk, pokud však pomineme histologickou podobu nebo embryologický původ, pak z čistě funkčního hlediska máme ve svém organismu pouze 5 základních typů buněk:

- nervové buňky,
- svalové buňky,
- epitelové buňky,
- buňky pojivových tkání,
- krevní elementy.

**Neurony** jsou specializovány na získávání, přenos, zpracovávání a ukládání informací. Základní formou informace v nervovém systému je elektrický signál. Některé neurony se specializují na získávání informací o vlastnostech našeho vnějšího i vnitřního prostředí, jejich zakódování do podoby elektrických signálů a přenos do integračních center. Jiné neurony naopak přenášejí informaci z integračních center do orgánů a tkání lidského těla a řídí tak jejich činnost. Integrační centra (centrální nervový systém) pak veškeré informace zpracovávají, podle potřeby je ukládají a vypracovávají plán reakce organismu na získané informace včetně programu jeho realizace.

**Svalové buňky** jsou stejně jako neurony dráždivými buňkami, to znamená, že jsou schopny odpovědět na adekvátní podnět elektrickým signálem. Navíc jsou však na rozdíl od neuronů také stažlivými buňkami, tedy buňkami schopnými kontrakce. Jsou proto specializovány na generování mechanické síly a pohybu. Buňky kosterního svalu jsou pod volní kontrolou, zatímco buňky hladkých svalů a buňky srdečního svalu pod volní kontrolou nejsou.

**Epitelové buňky** vytvářejí souvislé plochy sestávající z jedné nebo více buněčných vrstev na tzv. bazální membráně. Jejich úkolem je vytvářet bariéry mezi intersticiální tekutinou (tkáňovým mokem) a buď okolním prostředím, nebo obsahem dutých orgánů (např. krevních cév, močového měchýře, střeva, ledvinných tubulů apod.), a tak pomáhají udržet rozdílné chemické a/nebo fyzikální vlastnosti takto oddělených prostředí. Řada z nich se proto specializuje také na transport různých látek (iontů, vody, organických molekul) z jedné strany epitelové bariéry na druhou. Některé epitelové buňky vytvářejí žlázy (obr. 1.1), které pak syntetizují a secernují látky buď do zevního prostředí (exokrinní žlázy), nebo do vnitřního prostředí (endokrinní, parakrinní a autokrinní žlázy).

**Buňky pojivových tkání** (např. osteocyty, chondrocyty, fibrocyty nebo adipocyty) vytvářejí tkáň, které slouží jako opěrné a zpevňující struktury (např. kosti, chrupavky, bazální membrány apod.), spojují různé orgány a tkáň (např. šlachy a vazy) nebo představují tepelnou či mechanickou izolaci a současně zásobárnu energie (tuková tkáň). Pro většinu z těchto tkání jsou proto důležité jejich mechanické vlastnosti, které jsou určovány složením mezibuněčné hmoty obklopující buňky a obsahem vláknitých proteinů (elastinu a kolagenu) v této hmotě.

**Krevní elementy** mají různé specializace. Leukocyty jsou specializovány na zprostředkování imunitní odpovědi organismu na cizorodé materiály a mikroorganismy. Erytrocyty (bezjaderné buňky) transportují v těle kyslík a částečně také oxid uhličitý. Trombocyty (v podstatě úlomky „mateřské“ buňky) se pak významnou měrou podílejí na pochodech vedoucích k zástavě krvácení.