

Eduard Kočárek

Biologie

pro studenty lékařských fakult
a zdravotnických oborů





Knihu věnuji všem maminkám a tatínkům, jiným rodinným příslušníkům i ostatním lidským bytostem se srdcem na dlani, které pečují o děti se závažným genetickým postižením.

Eduard Kočárek

Biologie

**pro studenty lékařských fakult
a zdravotnických oborů**

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 trestně stíháno.

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice 2019/790/EU a použití této knihy k trénování AI jsou bez souhlasu nositele práv zakázány.

RNDr. Eduard Kočárek, Ph.D.

Ústav biologie a lékařské genetiky 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy
a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

BIOLOGIE

pro studenty lékařských fakult a zdravotnických oborů

Recenze:

Mgr. et Mgr. Marek Vácha, Ph.D.

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2025

Cover Photo © depositphotos.com, 2025

© RNDr. Eduard Kočárek, Ph.D., 2025 – obrázky kromě níže uvedených

© MUDr. Jiří Uhlík, Ph.D., 2025 – obrázky 5.3, 5.4, 5.5, 5.9, 5.12, 6.7, 7.1 až 7.5, 8.1 až 8.4, 32.1, 32.5 a 37.7

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 10 286. publikaci

Odpovědná redaktorka Bc. Gabriela Glezgová

Sazba a zlom Jan Šístek

Obrázek 4.8 Mgr. Daniel Vondrák, Ph.D., obr. 26.4 a 27.4 poskytl

RNDr. Šárka Bendová, Ph.D., obr. 42.4 poskytl Mgr. Petr Lonský, obrázky 44.16, 44.18 a 61.4 poskytl doc. RNDr. Zuzana Zemanová, CSc.

Počet stran 952

1. vydání, Praha 2025

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod a.s.

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-8264-0 (ePub)

ISBN 978-80-271-8263-3 (pdf)

ISBN 978-80-271-3036-8 (print)

Obsah

Předmluva	19
1 Typické znaky živých organismů	23
1.1 Hledání života	23
1.2 Znaky, vlastnosti a projevy živých organismů	23
1.3 Stupně organizace živých systémů a jejich hierarchie	28
2 Biologické vědy	37
2.1 Biologie, její název a náplň	37
2.2 Biologické obory	38
2.3 Moderní a transdisciplinární biologické obory	39
2.4 Vztahy biologických a společenských věd	41
3 Klasifikace živých organismů	43
3.1 Počátky klasifikace živých organismů a Linnéův systém	43
3.2 Základní systematické kategorie a jejich vztahy	45
3.3 Domény a říše živých organismů	45
3.3.1 Prokaryota	46
3.3.2 Eukaryota (jaderní)	46
3.4 Biologický druh (<i>species</i>), jeho pojmenování a vymezení	48
3.5 Nejnižší systematické jednotky	51
3.6 Molekulární taxonomie a kryptické druhy	52
4 Úvod do cytologie	53
4.1 Základní vlastnosti buňky, buněčná teorie	53
4.2 Jednobuněčné organismy	58
4.3 Mnohobuněčné organismy	58
5 Eukaryotická buňka	61
5.1 Základní charakteristika eukaryotické buňky	61
5.2 Buněčná membrána	62
5.3 Jádro eukaryotické buňky	64
5.4 Cytoplazma	64
5.4.1 Endoplazmatické retikulum a ribozomy	65
5.4.2 Golgiho komplex a exocytóza	66
5.4.3 Lyzozomy a endocytóza	67
5.4.4 Peroxisomy	69
5.4.5 Proteazomy	70
5.4.6 Semiautonomní organely	71
5.4.7 Cytoskelet a pohyb na buněčné úrovni	76
5.4.8 Inkluze a vakuoly	80
5.5 Buněčná stěna	82

6	Mikroskop – brána do buněčného světa	83
6.1	Zvětšovací přístroje a jejich využití	83
6.2	Od lupy k elektronovému mikroskopu (dějiny mikroskopie)	84
6.3	Optické mikroskopy	88
6.4	Základy fluorescenční mikroskopie	93
6.4.1	Luminiscence a fluorescence	94
6.4.2	Fluorescenční mikroskop	96
6.5	Konfokální mikroskop	98
6.6	Elektronový mikroskop	100
7	Tkáně a orgány eukaryotických organismů	105
7.1	Tkáně živočichů	105
7.2	Od tkání k orgánům a orgánovým soustavám	109
8	V histologické a hematologické laboratoři	113
9	Rozmnožování eukaryotických organismů	119
9.1	Rozmnožování – základní vlastnost živého organismu	119
9.2	Nepohlavní rozmnožování	119
9.3	Pohlavní rozmnožování	120
9.3.1	Pohlavní rozmnožování u člověka	122
9.3.2	Pohlavní rozmnožování u rostlin	122
9.4	Apomixie a partenogeneze	124
9.5	Pedogeneze a neotenie	125
10	Dědičnost a proměnlivost, úvod do genetiky	129
10.1	Znaky	129
10.2	Dědičnost a proměnlivost	130
10.3	Gen a genom	132
10.4	Genetika a její význam v klinických oborech	133
11	Základní molekuly života: informační biomakromolekuly a jejich funkce	135
11.1	Základní molekuly života	135
11.2	Přenos genetické informace; ústřední dogma molekulární biologie	137
11.3	Replikace RNA a reverzní transkripce doplňují centrální dogma	138
12	Genetická laboratoř a její vybavení	141
12.1	První nahlédnutí do genetické laboratoře	141
12.2	Ochrana zdraví při práci v laboratoři	142
12.3	Vybavení laboratoře	142
13	DNA – genetická paměť buňky	147
13.1	Struktura DNA	147
13.2	Sekvence DNA v příkladech	154
13.3	Měření vzdáleností ve světě DNA	155
13.4	Denaturace a renaturace DNA	156

14 DNA v laboratoři (odběry vzorků a základní nástroje molekulární genetiky)	159
14.1 Analýza nukleových kyselin – základ molekulárněgenetického vyšetření	159
14.2 Materiál k analýze DNA	159
14.2.1 Preimplantační vyšetření	159
14.2.2 Prenatální vyšetření	160
14.2.3 Postnatální vyšetření	160
14.3 Izolace DNA	161
14.4 Elektroforéza DNA	163
14.4.1 Gelová elektroforéza	165
14.4.2 Vizualizace DNA	168
14.4.3 Kapilární elektroforéza	169
14.5 Enzymy v molekulárněgenetické laboratoři	170
14.6 Hybridizace DNA	172
14.6.1 Southernův přenos	173
14.6.2 Čipové techniky	174
14.6.3 Hybridizace <i>in situ</i>	175
15 Replikace DNA	177
15.1 Replikace DNA v kostce	177
15.2 Replikace DNA krok za krokem	181
16 Klonování DNA a jeho význam	185
16.1 Molekulární klonování a techniky rekombinantní DNA	185
16.2 Otazníky kolem rekombinantní DNA	188
17 Polymerázová řetězová reakce aneb replikace DNA ve zkumavce	191
17.1 Základní protokol polymerázové řetězové reakce	191
17.2 Kary Mullis a „jeho“ PCR (historie objevu PCR)	194
17.3 PCR na každém kroku aneb k čemu se hodí PCR?	197
18 RNA – molekula mnoha tváří (stavba RNA, její typy a význam)	199
18.1 Základní struktura RNA	199
18.2 Co všechno umí ribozymy?	200
18.3 Typy RNA v buňce	201
18.4 Aptamery – nová perspektiva medicíny?	204
19 Bílkoviny v kostce (stavba a význam proteinů)	207
19.1 Proteiny a proteosyntéza	207
19.2 Aminokyseliny – základní stavební kameny proteinů	208
19.3 Proteiny a peptidy, peptidová vazba	211
19.4 Struktura proteinů	212
19.5 Základní skupiny proteinů	216
19.6 Kofaktory proteinů	217
19.7 Biologický význam proteinů	218
19.8 Jedy, které vraždí i pomáhají	219

20	Transkripce a posttranskripční úpravy	221
20.1	Základní scénář transkripce, RNA-polymerázy	221
20.2	Transkripce krok za krokem	223
20.2.1	Iniciace (zahájení) transkripce	223
20.2.2	Elongace transkripce	223
20.2.3	Terminace (ukončení) transkripce	223
20.3	Posttranskripční úpravy u eukaryot	224
20.3.1	Sestřih v detailu	225
20.3.2	Tajemné introny aneb malá oprava učebnic biologie	226
20.3.3	Alternativní sestřih aneb jeden gen = více proteinů	226
20.3.4	Polyadenylace a modifikace 5'-konce pre-mRNA	228
20.4	Editování RNA a DNA	228
20.5	RNA interference	229
21	Translace, genetický kód a posttranslační úpravy	231
21.1	Translace neboli překlad	231
21.2	Transferová RNA, její struktura a funkce	231
21.3	Ribozom – klíčová struktura translace	234
21.4	Základní scénář translace	234
21.5	Genetický kód	236
21.5.1	Genetický kód je tripletový a nepřekryvný	237
21.5.2	Genetický kód je degenerovaný	237
21.5.3	Genetický kód je univerzální	238
21.6	Translace krok za krokem	239
21.6.1	Iniciace translace	240
21.6.2	Elongace translace	240
21.6.3	Terminace translace	241
21.7	Posttranslační úpravy a degradace proteinů	241
22	Poznatky molekulární genetiky pomáhají při léčbě chorob	245
22.1	Nukleotidy a nukleosidy jako léčiva	245
22.2	Jak vyzrát na bakterie? (antibakteriální látky a mechanismy jejich účinku)	247
22.3	Antibiotika v onkologii	249
23	Struktura genu a regulace genové exprese	251
23.1	Základní charakteristika a klasifikace genů	251
23.2	Struktura eukaryotického genu	253
23.3	Regulace genové exprese u eukaryot	255
23.4	Regulace genové exprese u bakterií	258
24	Základy epigenetiky	259
24.1	Epigenetika, její náplň a historie	259
24.2	Genomový imprinting	262
24.3	Význam a využití epigenetických poznatků	263
24.4	Epigenetika a evoluce	265

25	Lidský genom a typy sekvencí v něm obsažených	267
25.1	Genom v eukaryotické buňce	267
25.2	Projekt lidského genomu a jeho historie	268
25.3	Význam projektu lidského genomu	271
25.4	Typy sekvencí v lidském genomu	273
25.5	Transpozony mění pohled na lidský genom	277
25.6	Tajemné „omy“ a „omiky“	281
26	Sekvenování DNA	283
26.1	Význam a historie sekvenování	283
26.2	Sangerovo sekvenování	284
26.3	Moderní sekvenační techniky	287
27	Mutace	289
27.1	Obecná charakteristika a klasifikace mutací	289
27.2	Následky a význam mutací	292
27.3	Mutace a evoluce	293
27.4	Klasifikace genových mutací a jejich vliv na funkci proteinu	294
27.4.1	Mutace se změněným smyslem (<i>missense mutations</i>)	295
27.4.2	Mutace bez smyslu (<i>nonsense mutations</i>)	297
27.4.3	Mutace se stejným smyslem (<i>same sense mutations</i>)	298
27.4.4	Posunové mutace (<i>frame shift mutations</i>)	298
27.4.5	Sestřihové mutace	300
27.4.6	Amplifikace	301
28	Mutageny a mutogeneze	307
28.1	Indukované mutace, základní klasifikace mutagenů	307
28.2	Fyzikální mutageny	308
28.3	Chemické mutageny	310
28.4	Biologické mutageny	313
29	Reparační mechanismy aneb jak buňka opravuje poškozenou DNA	315
29.1	Reparační procesy a jejich význam	315
29.2	Mechanismy reparačních procesů	316
29.3	Následky poškození mutátorových genů	319
30	Testování genotoxicity – významná součást preventivní medicíny	321
30.1	Testy genotoxicity, jejich význam a rozdělení	321
30.1.1	Kometry pod mikroskopem (kometový test čili Comet assay)	322
30.1.2	Mutace mutantů aneb Amesův test	323
30.1.3	Stanovení chromozomových zlomů aneb kolik chromozomů se polámalo?	325
30.2	Genotoxicita a karcinogenita	325
31	Variabilita a polymorfismus	327
31.1	Variabilita a její složky	327
31.2	Genotyp a fenotyp	329

31.3	Mutace a polymorfismy	330
31.4	Polymorfismy v lidském genomu	332
31.5	Molekulární podstata a typy polymorfismů DNA	333
31.6	DNA před soudem (DNA profilování a jeho význam)	334
31.7	Od DNA k portrétu člověka (DNA fenotypizace)	341
31.8	Polymorfismus proteinů	341
31.9	Genové varianty ve zdraví a v nemoci	342
31.10	Vinen, či nevinen? (genové varianty, lidské chování a kriminalita)	346
32	Eukaryotické buněčné jádro, stavba a funkce chromozomů	349
32.1	Základní stavba buněčného jádra	349
32.2	Chromatin a chromozomy	352
32.3	Molekulární stavba a kondenzace chromozomového vlákna	355
32.4	Kovalentní modifikace histonů ovlivňují genovou expresi	357
32.5	Jak vypadá chromozom?	359
32.5.1	Telomery a telomeráza	359
32.5.2	Kolik má chromozom chromatid?	361
32.6	Není chromozom jako chromozom	364
32.7	Autozomy a gonozomy	366
32.8	Jak se vyznat v lidských chromozomech?	367
32.9	Obří mezi chromozomy	368
32.10	Jadérko – malé, ale důležité	369
33	Buněčný cyklus a mitóza	371
33.1	Buněčný cyklus a jeho kontrolní body	371
33.2	Mitóza	374
33.3	Poruchy mitózy	382
34	Buněčná signalizace	383
34.1	Obecné principy buněčné signalizace	383
34.2	Typy buněčné signalizace	386
34.2.1	Neuronální neboli synaptická signalizace	387
34.2.2	Endokrinní signalizace	390
34.2.3	Parakrinní signalizace	395
34.2.4	Autokrinní signalizace	396
34.2.5	Dotyková signalizace	396
34.3	Buněčná signalizace pod lupou aneb není receptor jako receptor	398
34.3.1	Receptory spřažené s iontovými kanály	399
34.3.2	Receptory spřažené s G-proteiny	401
34.3.3	Receptory s enzymatickou aktivitou	404
35	Regulace buněčného cyklu	407
35.1	Buněčný cyklus je dokonale sladěný koncert	407
35.2	Cykliny a cyklin-dependentní kinázy – základní motory buněčného cyklu	408
35.3	Protoonkogeny a jejich produkty	409

35.4	Tumorové supresory	410
35.4.1	Tumor-supresorový gen <i>RBI</i>	411
35.4.2	Tumor-supresorový gen <i>TP53</i> – nejen strážce genomu	412
36	Buněčné kultury	413
36.1	Život mimo tělo	413
36.2	Kultury rostlinných buněk	415
36.3	Kultury živočišných buněk	416
37	Pohlavní rozmnožování a meióza	421
37.1	Pohlavní rozmnožování a jeho význam	421
37.2	Neuvěřitelný svět za zrcadlem aneb za co vděčíme parazitům?	423
37.3	Meióza	425
37.4	Gametogeneze	429
37.4.1	Spermatogeneze	429
37.4.2	Oogeneze a menstruační cyklus	433
37.5	Poruchy meiózy a jejich následky	437
37.6	Možnosti studia chromozomů v meióze; štetkovité chromozomy	439
38	Asistovaná reprodukce	441
38.1	Poruchy reprodukce	441
38.2	Asistovaná reprodukce a její význam	443
38.3	Nitroděložní inseminace	443
38.4	Fertilizace <i>in vitro</i>	445
38.5	Intracytoplazmatická injekce spermie	448
38.6	Techniky umožňující získání spermii	448
38.7	Preimplantační vyšetření	449
38.8	Etické a právní aspekty asistované reprodukce	450
38.8.1	Anonymita dárců i příjemců gamet	450
38.8.2	Náhradní (surogátní) matky	451
38.8.3	Otec nebo strýc?	452
38.8.4	Osud nadbytečných embryí a statut embrya	454
38.8.5	Zvýšení výskytu poruch reprodukce v populaci	454
38.8.6	Ovariální hyperstimulační syndrom	454
38.8.7	Genetické úpravy embryí	455
38.8.8	Další etické, psychosociální a legislativní otázky	456
39	Chromozomové určení pohlaví	459
39.1	Chromozomové určení pohlaví u člověka	459
39.2	XX-muž a XY-žena	462
39.3	Hrozí lidskému chromozomu Y zánik? (složité cesty evoluce pohlavních chromozomů)	464
39.4	Kombinace gonozomů při oplodnění u člověka	464
39.5	Savčí typ pohlavní determinace (<i>Drosophila</i>)	466
39.6	Ptačí typ pohlavní determinace (<i>Abraxas</i>)	467
39.7	Jeden druh – více typů pohlavní determinace?	467
39.8	Pohlavní determinace typu <i>Protenor</i>	469

39.9	Haplodiploidní typ pohlavní determinace	469
39.10	Pohlavní determinace u rostlin	470
40	Inaktivace chromozomu X a její význam	471
40.1	Inaktivace chromozomu X aneb kdo musí jít z kola ven?	471
40.2	Molekulární mechanismus inaktivace X	473
40.3	Inaktivovaný X pod mikroskopem aneb Barrovo tělísko	474
40.4	Význam vyšetření Barrova tělíska v klinické genetice	475
40.5	Rekordman nebo rekordwoman?	476
40.6	Když dva dělají totéž, není to totéž aneb proč nemá octomilka Barrovo tělísko?	478
41	Chromozomové aberace, mozaicismus a chimérismus	481
41.1	Chromozomové aberace jsou rozsáhlé změny genomu	481
41.2	Jak vypadá pacient s chromozomovou aberací?	482
41.3	Mozaicismus	483
41.4	Chimérismus	485
42	Cytogenetická vyšetření v medicíně	489
42.1	Význam a rozdělení cytogenetických vyšetření	489
42.2	Prenatální vyšetření a jejich indikace	490
42.2.1	Možnosti invazivních prenatálních vyšetření	491
42.2.2	Etické a právní aspekty invazivních prenatálních vyšetření	494
42.2.3	Odkdy je člověk člověkem?	497
42.3	Postnatální vyšetření a jeho indikace	498
42.3.1	Chromozomová analýza lymfocytů periferní krve	499
42.3.2	Barvení chromozomů	501
42.4	Vyhodnocení výsledků chromozomového vyšetření	503
42.5	Cesta plná omylů aneb počátky lidské cytogenetiky	504
43	Numerické chromozomové aberace	507
43.1	Svět „těch druhých“	507
43.2	Klasifikace a názvosloví numerických aberací	508
43.3	Klasifikace a názvosloví polyploidii	508
43.4	Triploidie	509
43.5	Tetraploidie	510
43.6	Klasifikace a názvosloví aneuploidii	510
43.7	Downův syndrom	512
43.8	Další aneuploidie autozomů	515
43.9	Aneuploidie pohlavních chromozomů	518
43.9.1	Turnerův syndrom	519
43.9.2	Klinefelterův syndrom	522
43.9.3	Další aneuploidie gonozomů	523
44	Strukturní chromozomové aberace	527
44.1	Klasifikace a názvosloví strukturních aberací	527
44.2	Mechanismy vzniku strukturních aberací	529

44.3	Chromozomové delece	531
44.3.1	Mikrodeleční syndromy	534
44.3.2	Mikrodelece chromozomu 22q	534
44.3.3	Williamsův-Beurenův syndrom	536
44.3.4	Praderův-Williho a Angelmanův syndrom: jedna delece, dva syndromy?	538
44.3.5	Chromozomové delece u nádorových chorob	542
44.4	Chromozomové duplikace	542
44.5	Chromozomové translokace	543
44.5.1	Translokační formy Downova syndromu	544
44.5.2	Další příklady robertsonských translokací	546
44.5.3	Chromozomové translokace u nádorů aneb když balancovaná přestavba není tak docela balancovaná	547
44.6	Chromozomové inverze	552
44.7	Kruhové chromozomy	553
44.8	Izochromozomy	554
44.9	Marker chromozomy	555
44.10	Fragilní místa	555
45	Molekulární cytogenetika	557
45.1	Úvod do molekulární cytogenetiky aneb FISH není ryba	557
45.2	Základní protokol hybridizace <i>in situ</i>	558
45.3	Sondy pro hybridizaci <i>in situ</i>	559
45.4	Každý chromozom má svou barvu aneb techniky M-FISH a SKY	561
45.5	FISH v klinické genetice	564
45.6	Komparativní genomová hybridizace aneb závod o chromozomy	565
45.7	Technika array CGH	566
45.8	Další molekulárněgenetické techniky sloužící k identifikaci chromozomových aberací	568
46	Základy obecné genetiky, Mendelovy zákony	569
46.1	Základy obecné genetiky	569
46.2	Gregor Johann Mendel a jeho zákony dědičnosti	570
46.3	Dědičnost s neúplnou dominancí	581
46.4	Kodominance	583
47	Klinická genetika a genetické poradenství	585
47.1	Klinická genetika a geneticky podmíněné choroby	585
47.2	Genetické poradenství	587
47.3	Genetická konzultace a genealogické vyšetření	588
47.4	Vybrané etické aspekty genetického poradenství	590
47.5	Možnosti léčby a prevence geneticky podmíněných chorob	591
47.5.1	Primární prevence	593
47.5.2	Teratogeny	594
47.5.3	Sekundární prevence	597

48 Monogenní choroby a jejich dědičnost	599
48.1 Charakter a typy monogenních chorob	599
48.2 Autozomálně dominantní choroby	602
48.2.1 Achondroplazie	603
48.2.2 Další příklady autozomálně dominantních chorob	605
48.3 Autozomálně recesivní choroby	607
48.3.1 Cystická fibróza	608
48.3.2 Keltové mezi námi?	610
48.3.3 Spinální muskulární atrofie	611
48.3.4 Metabolické poruchy s autozomálně recesivním přenosem	612
48.4 X-vázané dominantní choroby	614
48.5 X-vázané recesivní choroby	617
48.5.1 Hemofilie A a B	619
48.5.2 Marné snažení Grigorije Rasputina	620
48.5.3 Duchennova a Beckerova svalová dystrofie	620
48.5.4 Další X-vázaná recesivní onemocnění	622
48.6 Náhodná inaktivace X ovlivňuje fenotyp X-vázaných chorob aneb mohou být přenašečky postižené?	624
48.7 Y-vázaná neboli holandská dědičnost	624
48.8 Monogenní choroby v genetickém poradenství	625
48.9 Jsou monogenní choroby vskutku monogenní?	627
49 Genové interakce a multifaktoriální dědičnost	629
49.1 Jeden znak = více genů	629
49.1.1 Komplementarita	629
49.1.2 Epistáze aneb <i>Mater incerta</i> ?	630
49.1.3 Duplicitní interakce	631
49.2 Dědičnost kvantitativních znaků	633
49.3 Multifaktoriální dědičnost a heritabilita	634
49.4 Multifaktoriální znaky a choroby u člověka	635
50 Genová vazba, počátky genetického mapování a nepřímá DNA diagnostika	641
50.1 Genová vazba a Morganovy zákony	641
50.2 Morganovo číslo	644
50.3 Význam poznatků o genové vazbě v klinické genetice	645
51 Mimojaderná dědičnost	649
51.1 Mitochondrie a chloroplasty a jejich endosymbiotický původ	649
51.2 Molekula mtDNA, vztah jaderného a mitochondriálního genomu	650
51.3 Mitochondriální dědičnost	651
51.4 Význam studia mtDNA v antropologii, kriminalistice a evoluční biologii	654
51.5 Chloroplastová dědičnost	655

52	Základy populační genetiky	657
52.1	Populace z genetického hlediska	657
52.1.1	Autogamické populace	658
52.1.2	Příbuzenské sňatky a nenáhodný výběr partnerů	658
52.1.3	Alogamické populace	661
52.2	Hardyho-Weinbergův zákon	662
52.3	Evoluční faktory měnící frekvence alel v populaci	666
52.4	Benigní či patogenní varianta? (preference heterozygotů)	670
53	Hlavní složky imunitního systému	673
53.1	Fascinující labyrint imunity	673
53.2	Funkční anatomie imunitního systému	676
53.2.1	Primární lymfatické orgány	678
53.2.2	Sekundární lymfatické orgány	679
54	Základní mechanismy imunity	683
54.1	Nespecifická imunita	683
54.2	Specifická imunita	686
54.3	Proč máme tolik protilátek?	690
54.4	Získaná imunita a preventivní očkování	693
54.5	Významné milníky preventivní vakcinace	695
54.6	Pomůže nám pasivní imunizace?	698
54.7	Onemocnění imunitního systému	699
55	Transplantace, transfuze a imunologická tolerance	703
55.1	Transplantace aneb život s cizím orgánem	704
55.2	Imunologická tolerance	704
55.3	Historie a současnost transplantací	707
55.4	Transplantace kostní dřeně a reakce štěpu proti hostiteli	710
55.5	Transfuze krve, krevní skupiny a jejich dědičnost	711
55.5.1	Poměrně komplikovaný systém AB0	711
55.5.2	Rh neboli „opičí“ faktor	714
55.5.3	MN-systém	715
55.5.4	Využití poznatků o krevních skupinách	715
55.5.5	Kdo může být dárce krve?	717
56	Základy ekologie	719
56.1	Kdo je a kdo není ekolog?	719
56.2	Jak funguje ekosystém?	720
56.3	Časovaná bomba zvaná bioakumulace	722
56.4	O čem vypovídá biodiverzita?	723
56.5	Vztahy mezi organismy	725
56.5.1	Neutralismus	726
56.5.2	Kompetice	726
56.5.3	Amenzalizmus	729
56.5.4	Predace	731
56.5.5	Komenzalizmus	731

56.5.6	Protokooperace	733
56.5.7	Mutualismus	735
56.5.8	Parazitismus	737
57	Biologie parazitických organismů	739
57.1	Vztah parazita a hostitele	739
57.2	Pestrý svět parazitů aneb proč se parazitologové nezajímají o bakterie a viry?	740
57.3	Parazité na každém kroku	744
57.4	Jak se vyznat v parazitech aneb klasifikace parazitických organismů	746
57.5	Základní znaky a typické životní strategie parazitických organismů	749
57.5.1	Morfologické adaptace	749
57.5.2	Fyziologicko-biochemické adaptace	750
57.5.3	Životní strategie a reprodukce parazitů	751
57.5.4	Parazité a imunita	752
57.5.5	Genetické adaptace parazitů	753
57.5.6	Parazit mění tvář aneb antigenní variabilita a genetická plasticita parazitů	755
57.5.7	Manipulační aktivita parazitů	756
57.5.8	Toxoplazma – rafinovaný parazit	757
57.5.9	Další strategie parazitických organismů	761
58	Základy biologie prokaryot	765
58.1	Bakterie a archea – dvě domény buněčných organismů	765
58.2	Velikost, tvar a struktura prokaryotické buňky	766
58.3	Kdo vlastně objevil penicilin?	771
58.4	Molekulární genetika prokaryot	774
58.5	Výživa prokaryotických buněk	777
58.6	Reprodukce prokaryot	779
58.7	Archea	782
58.8	Techniky kultivace a laboratorního studia prokaryot	785
58.9	Význam prokaryot pro člověka a životní prostředí	788
58.9.1	Prokaryota – nezbytné součásti ekosystémů	788
58.9.2	Mikrobiom – nezbytná podmínka k přežití i časovaná bomba	789
58.9.3	Prokaryota jako původci chorob, antibiotická rezistence	790
58.9.4	Prokaryota jako biologické zbraně	792
58.9.5	Prokaryota v biotechnologiích a technikách rekombinantní DNA	793
59	Viry	795
59.1	Obecná charakteristika virů	795
59.2	Klasifikace virů	799
59.3	Vstup viru do organismu hostitele	800
59.4	Obecný scénář virové infekce	801
59.5	Virový genom a replikační strategie virů	803
59.6	Retroviry	805
59.7	Genetická plasticita virů aneb proč jsou viry nebezpečné?	806

59.8	Bakteriofágy	809
59.9	Od mimivirů k virofágům	812
59.10	Význam virů pro člověka	813
59.11	Viry jako dělníci evoluce	815
60	Viroidy a priony	817
60.1	Subvirové částice	817
60.2	Viroidy	818
60.3	Patří virus hepatitidy D mezi viry?	820
60.4	Priony	820
61	Biologie nádorové buňky a onkogeneze	827
61.1	Nádor není rakovina	827
61.2	Základní znaky nádorové buňky	828
61.3	Onkogeneze v kostce	832
61.4	Klasifikace nádorů aneb není nádor jako nádor	834
61.5	Problém heterogenity nádorových buněk	837
61.6	Vzniká nádor z jediné „odrodilé buňky“?	837
62	Základy onkogenetiky	839
62.1	Jsou nádory dědičné?	839
62.2	Klasifikace mutací vedoucích ke vzniku a k progresi nádoru	840
62.3	Onkogeneticky významné geny	841
62.3.1	Protoonkogeny a onkogeny	842
62.3.2	Mechanismy aktivace protoonkogenů na onkogeny	842
62.3.3	Tumor-supresorové geny	843
62.3.4	Ztráta heterozygoty	844
62.3.5	Mechanismy ztráty funkce tumor-supresorových genů	845
62.3.6	Geny řídící reparační mechanismy	846
62.3.7	Geny řídící apoptózu	846
62.4	Nádory a dědičnost	847
62.5	Hereditární nádorová onemocnění spojená s mutacemi tumor-supresorových genů	850
62.6	Hereditární nádorová onemocnění spojená s poruchami reparační DNA	853
63	Vliv vnějších faktorů na vznik nádorových chorob	857
63.1	Karcinogeny a jejich klasifikace	857
63.1.1	Fyzikální karcinogeny	857
63.1.2	Chemické karcinogeny	860
63.1.3	Biologické karcinogeny	862
63.1.4	Virová onkogeneze pod lupou	863
63.2	Která látka je karcinogenní?	864
64	Genová terapie – východiska, realita a budoucnost	867
64.1	Sen o lidské dokonalosti	867
64.2	Od eugeniky ke genové terapii	872

64.3	Možnosti symptomatické léčby geneticky podmíněných chorob	873
64.4	Přenos genu – základní technika genové terapie	874
64.5	Genová terapie zacílená na RNA a proteiny	879
64.6	Genový editor CRISPR/Cas9	880
64.7	Problémy a omezení genové terapie	882
64.8	Problematika genové terapie lidských embryí	883
Výběr doporučené a použité literatury		887
Seznam použitých zkratk		889
Jmenný rejstřík		905
Věcný rejstřík		911
Souhrn		950
Summary		951