

William O. Reece

Eric W. Rowe

Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat

3., rozšířené vydání



Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat

3., rozšířené vydání



William O. Reece

Eric W. Rowe

Grada Publishing

William O. Reece, Eric W. Rowe

Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat

třetí, rozšířené vydání

Přeloženo z anglického originálu knihy William O. Reece, Eric W. Rowe: Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals, 5th Edition, vydaného u John Wiley & Sons, Inc., USA.
All rights reserved. This translation published under license with the original publisher John Wiley & Sons, Inc. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with Grada Publishing, a. s.

Copyright © 2017 John Wiley & Sons, Inc.

Překlad a odborné korektury:

prof. Ing. Mgr. Markéta Sedmíková, Ph.D. – kapitoly 1, 2, 4, 6, 8 a 11

doc. Ing. Eva Chmelíková, Ph.D. – kapitoly 3, 9, 14, 15 a 16

Ing. Mgr. Tereza Krejčová, Ph.D. – kapitoly 5, 7, 10, 12 a 13

Recenze:

MVDr. Romana Krejčířová, Ph.D.

Vydala Grada Publishing, a. s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401

jako svou 10222. publikaci

Odpovědná redaktorka Věra Slavíková

Sazba Jaroslav Kolman

Počet stran 520

První české vydání, Praha 2025

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Czech Edition © Grada Publishing, a. s., 2025

Cover Illustrations © Wiley

Cover Design © Grada Publishing, a. s., 2025

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.

ISBN 978-80-271-8185-8 (ePub)

ISBN 978-80-271-8184-1 (pdf)

ISBN 978-80-271-5115-8 (print)

*Tato kniha je věnována mé ženě Shirley Ann Bruckner Reeceové,
která se narodila 3. 12. 1932 a zemřela 29. 9. 1999.*

Děkuji Bohu za dar Shirley po celých 46 let našeho manželství a za sedm dětí (Mary Kay, Kathy Ann, Barbara Jean, Sara Lucinda, Anna Marie, Susan Theresa a William Omar II), které jsme měli tu čest přivést na svět. Shirley vyrostla v Chicagu a získala bakalářský titul v oboru potravinářství a výživy na Iowa State University. Manželství jsme uzavřeli ještě před získáním diplomů v roce 1954.

Shirley byla vzornou manželkou a matkou. Byla moudrá a všichni, kdo ji znali, ji obdivovali. Ztělesňovala radost, kterou obdržela z Boží milosti, těšila se ze života a milovala Ames. Díky jejímu příkladu, podpoře mého povolání a jejímu nadšení pro rodinu, církev, komunitu a veterinární profesi jsem byl motivován. Bylo mi ctí pokračovat v profesní činnosti, jejímž výsledkem je i toto páte vydání knihy Funkční anatomie a fyziologie domácích zvířat (Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals), a tím jí vzdát hold za to, že jsem s ní mohl strávit většinu svého života.

Obsah



O autorech	10
Předmluva	11
Poděkování	13
Předmluva k českému překladu	15
1 Základy struktury a funkce	17
Buňka, její struktura a funkce	17
Produkce energie	19
Funkce DNA a RNA	20
Embryologie	23
Tkáně	26
Směry a roviny	31
Tělní dutiny	33
2 Voda v těle: Vlastnosti a funkce	38
Fyzikálně-chemické vlastnosti roztoků	38
Rozdělení vody v těle	45
Vodní bilance	47
Dehydratace, žízeň a příjem vody	48
Adaptace na nedostatek vody	49
3 Krev a její funkce	53
Obecné charakteristiky	53
Leukocyty	55
Erytrocyty	61
Stárnutí a zánik erytrocytů	65
Metabolismus železa	66
Anémie a polycytémie	68
Hemostáza: prevence ztráty krve	68
Prevence hemokoagulace krve	75
Testy srážení krve	76
Krevní plazma a její složení	77
4 Nervová soustava	86
Struktura nervové soustavy	86
Organizace nervové soustavy	90
Nervový vzruch a jeho přenos	104
Reflexy	109
Mozkové a míšní pleny a mozkomíšní mok	111
Metabolismus centrální nervové soustavy	115

5	Smysly	120
	Klasifikace smyslových receptorů	120
	Reakce smyslových receptorů	121
	Bolest	122
	Chuť	123
	Čich	125
	Sluch a rovnováha	127
	Zrak	135
6	Endokrinní systém	153
	Hormony	153
	Hypofýza	154
	Štítná žláza	157
	Příštítná tělíska	160
	Nadledviny	161
	Slinivka břišní	165
	Prostaglandiny a jejich funkce	166
7	Kosti, klouby a synoviální tekutina	169
	Obecný popis kostry	169
	Stavba kosti	177
	Tvorba kosti	181
	Hojení kosti	185
	Klouby a synoviální tekutina	187
8	Svaly	194
	Rozdělení svaloviny	194
	Stavba svalů	196
	Připojení svalů ke kostem	197
	Mikroskopická struktura kosterní svaloviny	198
	Kontrakce kosterní svaloviny	202
	Kontrakce jednotlivých typů svaloviny	208
	Změny objemu svalů	210
9	Oběhová soustava	214
	Srdce a perikard	214
	Krevní cévy	219
	Lymfatický systém	224
	Slezina	227
	Srdeční kontraktilita	229
	Elektrokardiogram	232
	Srdeční ozvy	234
	Srdeční frekvence a její řízení	234
	Krevní tlak	237
	Proudění krve	238
	Dynamika kapilár	242

10	Dýchací soustava	249
	Dýchací soustava	249
	Faktory související s dýcháním	256
	Respirační tlaky	260
	Plicní ventilace	261
	Difúze dýchacích plynů	263
	Transport kyslíku	265
	Transport oxidu uhličitého	267
	Regulace plicní ventilace	269
	Respirační clearance	273
	Nerespirační funkce dýchací soustavy	275
	Patofyziologická terminologie	276
	Dýchání u ptáků	277
11	Vylučovací soustava	285
	Stručná anatomie ledvin a močového měchýře	285
	Nefron	289
	Tvorba moči	293
	Glomerulární filtrace	294
	Tubulární resorpce a sekrece	297
	Mechanismus protiproudového systému	299
	Koncentrace moči	302
	Regulace objemu extracelulární tekutiny	305
	Aldosteron	306
	Další hormony se vztahem k ledvinám	306
	Močení (mikce)	308
	Vlastnosti moči savců	308
	Ledvinná clearance	309
	Udržování acidobazické rovnováhy	310
	Vylučovací soustava ptáků	314
12	Trávení a vstřebávání	324
	Úvodní poznámky	325
	Dutina ústní a hltan	326
	Jednokomorový žaludek	330
	Střeva	332
	Přídavné orgány	339
	Základní živiny	342
	Mechanismy trávení v dutině ústní, hltanu a jícnu	346
	Motilita trávicí soustavy	348
	Mechanismy trávení v žaludku a v tenkém střevě	351
	Mechanismy trávení v tlustém střevě	352
	Trávicí šťávy	353
	Trávení a vstřebávání	358
	Žaludek přežvýkavců	361
	Trávení u přežvýkavců	364

	Chemické a mikrobiální trávení v bacheru	367
	Metabolismus u přežvýkavců	368
	Trávení u ptáků	371
13	Tělesná teplota a termoregulace	380
	Tělesná teplota	380
	Fyziologické reakce na teplo	382
	Fyziologické reakce na chlad	384
	Hibernace	385
	Hypotermie a hypertermie	386
14	Samčí pohlavní soustava	389
	Varlata a další orgány	389
	Sestup varlat	394
	Přídavné pohlavní žlázy a ejakulát	394
	Penis a předkožka	396
	Svaly samčího genitálu	399
	Krevní a nervové zásobení	401
	Spermatogeneze	401
	Erekce	405
	Páření a intromise	406
	Výron a ejakulace	406
	Faktory ovlivňující funkce varlat	406
	Samčí pohlavní soustava ptáků	407
15	Samičí pohlavní soustava	412
	Funkční anatomie samičí pohlavní soustavy	412
	Hormony samičí pohlavní soustavy	421
	Ovariální cyklus	424
	Ochota k páření	428
	Estrální cyklus a související faktory	429
	Březost	433
	Porod	438
	Involuce dělohy	441
	Samičí pohlavní soustava ptáků	442
16	Laktace	449
	Funkční anatomie mléčné žlázy	449
	Mamogeneze	454
	Laktogeneze a laktace	455
	Složení mléka	457
	Spouštění mléka	460
	Příloha A: Referenční hodnoty parametrů krve	464
	Příloha B: Správné odpovědi testů	468
	Rejstřík	473

O autorech



William O. Reece, DVM, PhD

Emeritní profesor
Katedra biomedicínských věd
Veterinární fakulta Iowské státní univerzity
Ames, Iowa, USA

Eric W. Rowe, DVM, PhD

Docent
Katedra biomedicínských věd
Veterinární fakulta Iowské státní univerzity
Ames, Iowa, USA

Spolupracovníci

Shannon Jones Hostetter, DVM, PhD, Diplomate ACVP

Odborná asistentka
Katedra veterinární patologie
Veterinární fakulta Iowské státní univerzity
Ames, Iowa, USA

Michael Kimber, PhD

Docent
Katedra biomedicínských věd
Veterinární fakulta Iowské státní univerzity
Ames, Iowa, USA

Doprovodné webové stránky

K této knize jsou k dispozici doprovodné webové stránky:
www.wiley.com/go/reece/functional

Webové stránky v anglickém jazyce zahrnují:

- Prezentace obrázků v PowerPointu
- Kontrolní otázky
- Videá

Předmluva



Učebnice Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat má sloužit začínajícím studentům, kteří chtějí získat základní vědomosti o anatomii a fyziologii domácích zvířat. Pro studenty, kteří chtějí lépe porozumět jednotlivým systémům v těle, jsou nezbytné základní znalosti biologie a hlubší zájem. Toto, již páté vydání, vychází vstříc potřebám studentů oborů zootechniky, pre-veterinární medicíny, veterinární techniky/technologie a dalších programů zaměřených na zvířata. Současně je i vynikajícím odrazovým můstkem k dalším učebnicím, které jsou potřebné pro hlubší pochopení problematiky. Vodítkem pro revizi učebnice byly zkušenosti se čtyřmi předchozími vydáními spolu s připomínkami jejich uživatelů.

■ POZNATKY Z ANATOMIE

Funkční anatomie spočívá v souběžném výkladu anatomie (mikroskopické i makroskopické) s fyziologií tak, aby bylo možné lépe pochopit jejich vzájemné souvislosti. Název prvního a druhého vydání *Physiology of Domestic Animals* (Fyziologie domácích zvířat) byl změněn ve třetím vydání proto, aby si uživatelé více uvědomili anatomický obsah. První kapitola, Základy struktury a funkce, obsahuje témata o struktuře a funkci buněk, tvorbě energie, funkci DNA a RNA, embryologii, tkáních, pojmech označujících roviny a směry a o tělních dutinách. Znalost těchto témat je užitečná při studiu dalších kapitol.

■ PŘEDNOSTI NOVÉHO VYDÁNÍ

Obsahy

Vedle názvů kapitol jsou u každé kapitoly uvedeny i hlavní podnadpisy. Obsah poskytuje přehled o zaměření každé kapitoly a rozsahu probírané látky.

Osnova kapitoly

Další přehled obsahu kapitoly je uveden na jejím začátku ve formě osnovy z nadpisů první a druhé úrovně. V kapitole jsou nadpisy přehledně doplněny příslušným textem od začátku až do konce, přičemž nadpisy druhé úrovně označují pasáže, ve kterých je daná problematika vysvětlena do větší hloubky. Za nadpisy druhé úrovně mohou být na některých místech i nadpisy třetí úrovně.

Studijní pomůcka

Za každým nadpisem první úrovně následuje studijní pomůcka ve formě otázek nebo poznámek, na které naleznete odpovědi či vysvětlení v dalším textu kapitoly. Největší užitek získáte, pokud se po přečtení dané části vrátíte zpět k těmto otázkám. Pomůže vám to lépe si látku zopakovat a porozumět jí. Čtení a pochopení obsahu, který je jinak obtížný, se stane efektivnější, jestliže při studiu kapitoly aktivně vyhledáváte odpovědi na položené otázky. Otázky mohou zároveň sloužit jako užitečný nástroj pro rychlé zopakování klíčových témat z fyziologie, například při přípravě na zkoušky.

Kontrolní otázky

Kontrolní otázky, které mohou mít více správných odpovědí, jsou navrženy tak, aby podporovaly efektivitu učení. Jsou umístěny na konci každé kapitoly. Otázky slouží k procvičení důležitého obsahu kapitoly a k jeho důkladnému zopakování. Správné odpovědi jsou uvedeny v příloze B.

Klinické souvislosti

Na mnoha místech jsou anatomická nebo fyziologická témata rozšířena o stručné zmínky o klinických souvislostech. Ty jsou uvedeny nejen pro svou zajímavost, ale také pro jejich význam ve vztahu k probírané látce.

Klíčové pojmy

Klíčové pojmy, které mohou být pro studenty nové nebo dosud neznámé, jsou při prvním výskytu v textu zvýrazněny tučně.

Doporučená literatura

Na konci každé kapitoly jsou uvedeny další informační zdroje, které studentům pomohou při dalším studiu probírané látky.

Aktualizované a vylepšené ilustrace

Součástí knihy je více než 350 ilustrací, které napomáhají porozumění textu. Všechny byly revidovány s důrazem na správnost a srozumitelnost, přičemž některé obrázky byly nahrazeny novými, vhodnějšími verzemi. Všechny ilustrace jsou barevné a jejich přínos se plně projeví při studiu.

Doprovodné webové stránky

Páté vydání je dostupné online ke stažení. Všechny ilustrace a tabulky jsou rovněž k dispozici ve formě prezentací v PowerPointu pro snadnější využití při výuce.

Příloha A

Tato příloha s názvem Referenční hodnoty parametrů krve obsahuje šest tabulek s krevními parametry pro několik druhů domácích zvířat. Údaje pocházejí ze spolehlivých pramenů a mohou sloužit jako užitečný zdroj informací.

■ ROZŠÍŘENÍ OBSAHU U TÉMAT Z ANATOMIE A FYZIOLOGIE PTÁKŮ

Vzhledem k tomu, že drůbež je významnou součástí zemědělského průmyslu a ptáci chováni v zájmových chovech jsou stále častěji předmětem veterinární péče, byla témata týkající se ptáků zahrnuta do kapitol, kde se jejich anatomie a fyziologie významně liší od savců. Rozšířený obsah tak naleznete v kapitolách věnovaných ledvinám, dýchání, trávení a rozmnožování samců i samic.

Studijní pomůcky, kontrolní otázky, četné ilustrace a tabulky, stejně jako doporučená literatura, jsou užitečnými nástroji pro samostatné studium. Díky tomu může být toto vydání cennou oporou při výuce anatomie a fyziologie domácích zvířat, ale i vhodným výchozím bodem pro pokročilejší kurzy zoologie a veterinární medicíny.

William O. Reece

Poděkování



První vydání této knihy vzniklo z mé potřeby, kterou jsem pocítoval při výuce kurzu fyziologie domácích zvířat pro studenty bakalářského studia, z nichž většina studovala na College of Agriculture. Výuce tohoto kurzu jsem se věnoval přibližně 25 let a zúčastnilo se jí téměř 4 500 studentů. Těmto studentům vděčím za inspiraci, kterou mi poskytli, a za přínos k mému osobnímu i profesnímu růstu. Zvláštní poděkování patří Dr. Peteru Holmesovi z University of Glasgow, School of Veterinary Medicine, Department of Physiology, za to, že souhlasil s mým studijním pobytem a poskytl mi administrativní podporu a podnětné pracovní prostředí v době, kdy jsem připravoval rukopis prvního vydání. Administrativní i materiální podpora pokračovala i při přípravě druhého, třetího, čtvrtého a nyní pátého vydání, a to ze strany Biomedical Sciences Department (dříve Veterinary Physiology and Pharmacology), College of Veterinary Medicine, Iowa State University.

Je povznášející podílet se na tvorbě učebnice a zažít týmové úsilí i přátelskou spolupráci tolika talentovaných lidí. Právě těmto osobnostem, které se podílely na přípravě pátého vydání, bych rád vyjádřil své uznání a upřímné poděkování.

Dr. Eric Rowe, docent na Biomedical Sciences Department, College of Veterinary Medicine, Iowa State University, souhlasil, že se stane mým spoluautorem pátého vydání. Jeho výuka veterinární anatomie pro studenty veterinárního lékařství, spolu s bohatými zkušenostmi z veterinární lékařské praxe, technologickými dovednostmi, nadšením a hlubokým zájmem o obor, obohatily učebnici o potřebný nový rozměr.

Velmi důležitým vylepšením pátého vydání je plnobarevné provedení všech obrázků. Většinu z nich kolorovala Jennifer Hunt, studentka 4. ročníku programu Biological/Pre-Medical Illustration na Iowa State University. Zbývajících obrázků se ujala Sarah Mientka, rovněž studentka 4. ročníku téhož programu. Kromě

kolorování vytvořila Sarah také několik nových ilustrací. Dr. Rowe a já jsme velmi vděční a hrdí na dovednosti Jennifer a Sarah, které přispěly k vysoké vizuální kvalitě tohoto vydání.

Dr. Anumantha Kanthasamy, zasloužilá profesorka a vedoucí Department of Biomedical Sciences, College of Veterinary Medicine, Iowa State University, poskytla tomuto projektu významnou podporu – zajistila kancelářské zázemí a spolupráci studentů vyšších ročníků studujících lékařskou ilustraci. Moji bývalí děkani College of Veterinary Medicine – Dr. Phillip Pearson, Dr. Richard Ross a Dr. John Thomson – stejně jako současná děkanka Dr. Lisa Nolan, mi poskytli nadšenou a trvalou podporu během celého procesu tvorby.

Linda Erickson, administrativní pracovnice Biomedical Sciences Department, byla v pozadí jako nepostradatelná spojka, která zajišťovala mé požadavky během přípravy čtyř předchozích vydání. Její úlohu nyní s vysokou profesionálníou převzala Shelly Loonan, administrativní specialista, které pomáhali Kim Adams, účetní, William Robertson, koordinátor studijních programů a Emma Hashman, asistentka programů.

Kristi Schaaf, ředitelka Veterinary Medical Library na Iowa State University, pro mě byla přátelským a kompetentním zdrojem při vyhledávání referenčních materiálů a odborných informací. Cennou pomoc poskytla také Lana Greve, asistentka knihovny, a asistenti z řad studentů veterinární medicíny.

Siluety zvířat použité na obálce prvního vydání vytvořil Dean Biechler v době, kdy byl zaměstnán jako výtvarník Biomedical Communications na College of Veterinary Medicine na Iowa State University. Tyto elegantní siluetu byly nadále používány pro druhé, třetí, čtvrté a páté vydání.

Společnost John Wiley & Sons, Inc., naše vydavatelství, a její tým odborníků se podíleli na celém procesu od zadání projektu až po publiko-

vání. Na této práci se podílely Justinia Wood, vedoucí redaktorka oddělení veterinární medicíny a studií o koních, Erica Judisch, výkonná redaktorka oddělení veterinární medicíny a stomatology, a Purvi Patel, redaktorka projektu, která nám dávala doporučení a napomáhala od začátku až do odevzdání rukopisu. Nancy Turner, která působila jako hlavní redaktorka pro rozvoj obsahu, byla před Purvi Patel projektovou editorkou čtvrtého vydání a poskytla pomoc při úvodním zpracování pátého vydání. Na zajištění vydání po odevzdání rukopisů se podílely Baljinder Kaur, projektová manažerka, Audrey Koh, produkční redaktorka, a Patricia Bateson, jazyková korektorka.

Mnoho nakladatelů a autorů poskytlo souhlas k použití svých ilustrací. Děkujeme jim za tuto podporu a uvádíme odkazy na zdroje.

Vzpomínky na mou ženu Shirley pro mě byly důležitou motivací pro pokračování na třetím vydání. Byla skvělou posluchačkou, když jsem s ní probíral nápady či problémy. Myšlenky na ni mě provázely i při přípravě čtvrtého a pátého vydání.

A především děkuji Bohu za tyto lidi, s nimiž jsem měl možnost spolupracovat, a za dar prožívat i nadále plnohodnotný a smysluplný život.

William O. Reece

Předmluva

k českému překladu



Vážené čtenářky, vážení čtenáři,

předkládáme vám nové vydání učebnice Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat, které nabízí komplexní pohled na stavbu a funkci orgánů a orgánových soustav hospodářských i zájmových zvířat. Odborný text je pro získání uceleného pohledu na zvolenou problematiku doplněn o chovatelské a klinické aspekty.

Oproti předchozím vydáním je tato edice obohacena o barevné ilustrace. Ty by vám měly usnadnit studium, pomoci lépe si představit anatomické struktury a pochopit fyziologické procesy, a výrazně tak přispět k názornosti výkladu.

Na konci každé kapitoly naleznete kontrolní otázky zaměřené na klíčové poznatky. Slouží k ověření porozumění učivu a k přípravě na

zkoušky, a umožní vám tak efektivně si zopakovat probranou látku.

Učebnice je určena především studentům vysokých škol v oborech zaměřených na zemědělství a veterinářství. Využijí ji studenti zootechniky, chovu zájmových zvířat a nelékařských veterinárních programů. Jako nezbytný teoretický rámec poslouží také studentům veterinárního lékařství.

Věříme, že toto přepracované vydání se stane spolehlivým průvodcem pro každého, kdo si chce osvojit znalosti z anatomie a fyziologie zvířat, a že přispěje k vybudování pevných základů pro budoucí profesní uplatnění.

Praha, červenec 2025
překladatelky a redakce



Základy struktury a funkce

PŘEHLED OBSAHU KAPITOLY

■ BUŇKA, JEJÍ STRUKTURA A FUNKCE

Orgány

■ PRODUKCE ENERGIE

■ FUNKCE DNA A RNA

DNA a její replikace

Mitóza

Syntéza RNA a proteinů

■ EMBRYOLOGIE

■ TKÁNĚ

Epitel

Pojivová tkáň

■ SMĚRY A ROVINY

■ TĚLNÍ DUTINY

Dutina hrudní

Dutina břišní a pánevní

Pobříšnice (*peritoneum*)

Obecně se studium anatomie vztahuje ke studiu stavby částí těla a zahrnuje topografickou anatomii (identifikace bez vizuálních pomůcek) a mikroskopickou anatomii (identifikace pomocí mikroskopických technik, která obvykle začíná na úrovni buňky). Studium fyziologie je studium funkcí těla, nebo jak se někdy uvádí „jak tělo funguje“, a zahrnuje biofyzikální a biochemické procesy a předpokládá znalost anatomie. Ačkoli anatomii a fyziologii lze vyučovat jako samostatné celky, překrývání je nevyhnutelné a z toho vyplývá, že větší produktivity se dosáhne PROPOJENÍM obou disciplín. Studiu anatomie a fyziologie napomáhají přípravné kurzy, které zahrnují chemii, fyziku, biologii a kvantitativní matematické dovednosti. S ohledem na to budeme spoléhat nejen na vaši předchozí přípravu, ale také na touhu prohloubit své znalosti jejich aplikací v anatomii a fyziologii zvířat. V této kapitole najdete základy struktury a funkce, které by vám měly být užitečné při studiu následujících kapitol.

■ BUŇKA, JEJÍ STRUKTURA A FUNKCE

1. Co odděluje cytoplazmu od intersticiální tekutiny?
2. Co jsou orgány?
3. Definujte jadernou membránu.
4. Co se děje s chromatinem v dělicích se buňkách?

5. Definujte rozdíly mezi drsným a hladkým endoplazmatickým retikulem a popište jejich funkce.
6. Jsou vezikulární struktury endoplazmatického retikula oddělené nebo navzájem propojené?
7. Jaká je funkce Golgiho aparátu?
8. Ve které organely probíhá cyklus kyseliny citronové?
9. Co je hlavním obsahem lysozomů?
10. Jakou funkci mají v buňce centrioly? Kde se v buňce nacházejí?

Počet tělních buněk se pohybuje v bilionech a u člověka se odhaduje na 100 bilionů. Každá z těchto buněk má svůj počátek v oplozeném vajíčku. Vzhled buněk se liší podle orgánu, jehož jsou součástí a budou vyobrazeny a popsány u příslušných orgánů. Buňky jsou vysoce organizované chemické systémy a mají mnoho společných znaků, které jsou schematicky znázorněny na *obrázku 1-1*. Základními složkami buňky jsou **plazmatická membrána (buněčná membrána)**, která obaluje a ohraničuje buňku; **cytoplazma**, která je homogenní základní substancí a vytváří prostředí pro buněčné elementy a **jádro**. Jádro je od cytoplazmy odděleno jadernou membránou a cytoplazma je od okolních tekutin (intersticiální tekutina) oddělena buněčnou membránou. Buněčná membrána je obvykle pružná a skládá se z fosfolipidů a bílkovin. Molekuly fosfolipi-

dů jsou uspořádané ve dvou vrstvách. Molekuly bílkovin mohou být připojené jak k vnější, tak k vnitřní vrstvě membrány a mohou být do ní zcela nebo částečně zanořené (viz kapitola 2).

Vzhledem ke specializaci buněk nelze žádnou buňku označit za typickou. Cytoplazma je místem různých metabolických pochodů a obsahuje malé i velké rozptýlené částice a organely.

Organely

Organely jsou vysoce organizované fyzické struktury znázorněné na *obrázku 1-1* a kromě buněčné membrány mezi ně patří jádro, endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, mitochondrie, lysozomy a centrioly. Tyto struktury pomáhají metabolické činnosti probíhající v cytoplazmě tím, že přijímají látky do buňky, syntetizují nové sloučeniny, vytvářejí energii, obalují molekuly pro transport do jiných částí buňky, nebo do krevního oběhu, zajišťují vylučování odpadních produktů a dělení buňky.

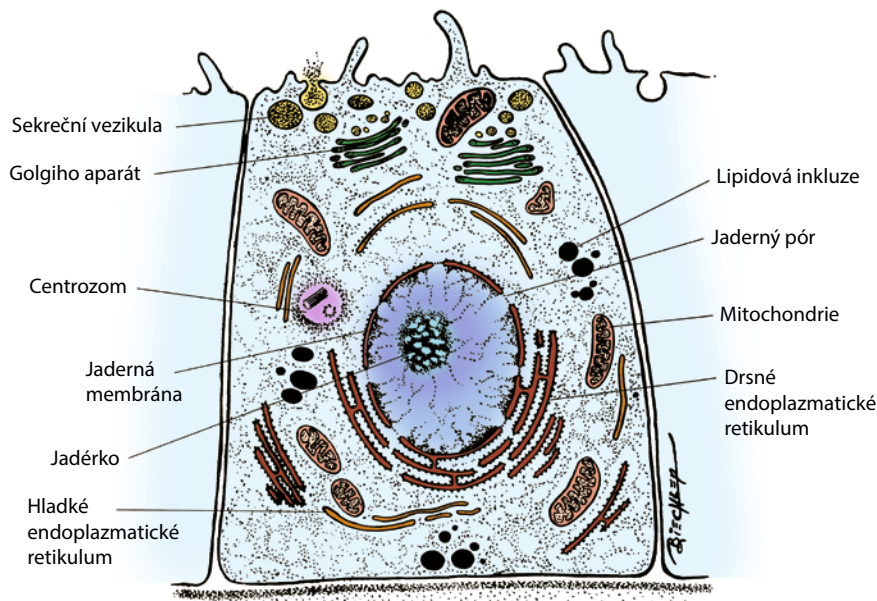
Jádro

Jádro je řídicím centrem buňky, které řídí její chemické reakce a dělení. Obsahuje velké množ-

ství **DNA**. Jádro se skládá z jaderné membrány, jednoho nebo více jadérek a chromatinu rozptýlených v **nukleoplazmě (tekutina uvnitř jádra)**. **Jaderná membrána** (nazývaná také jaderný obal) se skládá ze dvou membrán, přičemž vnější membrána přechází do endoplazmatického retikula stejně jako prostor mezi oběma jadernými membránami, lumen, který je spojený s lumen endoplazmatického retikula. Oběma vrstvami membrány prostupují četné jaderné póry. Tyto póry umožňují výměnu mezi jádrem a cytoplazmou buňky, včetně transportu **RNA** syntetizované v jádře ven do cytoplazmy. **Nukleolus (jadérko)** není ohraničené membránou a je to struktura, která obsahuje velké množství RNA a ribozomálních proteinů. V buňce, která se nedělí, tvoří **chromatin** tmavě se barvící částice rozptýlené v celé nukleoplazmě. V dělicí se buňce je chromatin uspořádaný do chromozomů.

Endoplazmatické retikulum

Endoplazmatické retikulum (ER) je síť tubulárních a plochých vezikulárních struktur v cytoplazmě (malých tenkostěnných dutin), které jsou navzájem propojené. Tekutina v lumen ER je spojená s tekutinou mezi listy jaderné membrány a je odlišného složení než cytoplazma. Na



OBRÁZEK 1-1 Schematický náčrt obecného uspořádání buňky. (Převzato a upraveno podle Eurell JA, Frappier BL. Dellmann's Textbook of Veterinary Histology. 6th edn. Ames, IA: Blackwell Publishing, 2006.)

povrch části ER přisedá velké množství malých granulárních částic zvaných **ribozomy**. ER, na kterém jsou přítomné ribozomy se nazývá **granulární** nebo **drsňé**, a ER, na kterém ribozomy přítomné nejsou se nazývá **agranulární** nebo **hladké**. Ribozomy jsou složeny z RNA a proteinů a uplatňují se při syntéze proteinů. Agranulární ER zajišťuje syntézu lipidů a další enzymatické procesy buňky.

Golgiho aparát

Golgiho aparát úzce souvisí s ER. Je hojně zastoupený v sekrečních buňkách, zejména těch, které vylučují enzymy a hormony. Proteiny nasyntetizované v buňce se v Golgiho aparátu balí do membrány a tyto útvary jsou pak distribuovány mimo buňku. Proces začíná odškracením vezikul z ER, které se poté spojí s Golgiho aparátem. Látky obsažené ve vezikulách se pak v Golgiho aparátu upravují a obklopené membránou vytvářejí lysozomy nebo jiné sekreční vezikuly. Z Golgiho aparátu se poté uvolňují k uskladnění nebo využití v buňce, nebo jsou transportovány k buněčné membráně, odkud se uvolňují v rámci sekreční aktivity buňky do extracelulární tekutiny.

Mitochondrie

Mitochondrie jsou „elektrárnami“ buňky, protože jsou hlavním místem tvorby energie. Jejich počet v buňce závisí na množství potřebné energie a počet mitochondrií se zvyšuje spolu s rostoucími nároky buňky na energii. Mitochondrie mají vnější a vnitřní membránu. **Vnitřní membrána** vytváří záhyby – kristy, které jsou **místem** pro připojení enzymů oxidativní fosforylace (enzymů pro tvorbu energie). **Vnitřní prostor** obsahuje **matrix** (podpůrnou koloidní substanci) s enzymy a koenzymy (kofaktory) potřebnými pro získávání energie z živin. V matrix se nachází **cyklus kyseliny citronové** (známý také jako citrátový cyklus nebo Krebsův cyklus).

Lysozomy

Vezikulární organelly zvané **lysozomy** jsou tvořeny v Golgiho aparátu, a poté jsou distribuovány do celé cytoplazmy. Protože lysozomy obsahují proteolytické enzymy, zajišťují v cytoplazmě intracelulární trávicí systém, který

umožňuje odbourání poškozených buněčných struktur, částic a bakteriálních buněk fagocytovaných buňkou.

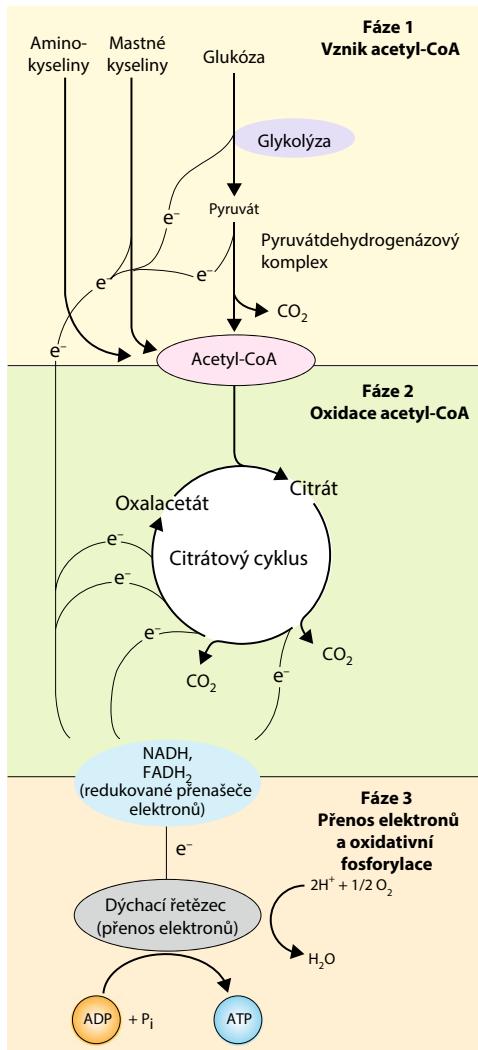
Centrozom

Centrozom se nachází v cytoplazmě v blízkosti jádra a obsahuje dvě centrioly. Centrioly jsou obvykle na sebe kolmé a každá z nich se skládá z devíti trojic **mikrotubulů** uspořádaných do kruhu. Během dělení buňky slouží centrozom jako pól vřeténka a napomáhá organizaci mikrotubulů.

■ PRODUKCE ENERGIE

1. Která látka vzniká katabolizmem sacharidů, lipidů a bílkovin a zahajuje aerobní fázi tvorby energie prostřednictvím cyklu kyseliny citronové?
2. Jaké kofaktory se podílejí na přenosu elektronů z cyklu kyseliny citronové do elektronového transportního řetězce?
3. Kde se nacházejí akceptory elektronů z elektronového transportního řetězce?
4. Jaká energetická látka vzniká při oxidativní fosforylaci?
5. Co je metabolická voda?
6. V jakém místě se v těle spotřebovává kyslík?

V mitochondriích se z molekul uvolňuje energie řízenou metabolickou oxidací. **Aerobní** (probíhající za přítomnosti kyslíku) fáze katabolizmu sacharidů, lipidů a bílkovin začíná po vzniku **acetyl-Co A** z glukózy, mastných kyselin a některých aminokyselin (*obrázek 1-2*). Vzniklý acetyl-Co A podléhá oxidaci v cyklu kyseliny citronové lokalizovaném v mitochondriální matrix. Oxidace acetylových skupin zahrnuje uvolnění elektronů a jejich přenos na **kofaktory nikotinamidadenindinukleotid (NAD)** a **flavinadenindinukleotid (FAD)**, přičemž se kofaktory redukují na NADH a FADH₂. Elektrony přenášené NADH a FADH₂ jsou transportovány do **elektronového transportního řetězce**, což je řada akceptorů elektronů lokalizovaných na vnitřní membráně mitochondrie. Při následném přenosu elektronů se v procesu **oxidativní fosforylace z adenosindifosfátu (ADP)** syntetizuje **adenosintrifosfát (ATP)**, vysokoenergetický substrát. Také NADH a FADH₂ se oxidují a vodí-



OBRÁZEK 1-2 Katabolismus bílkovin, tuků a sacharidů, při kterém se uvolňuje energie. Fáze 3, prostřednictvím elektronového transportního řetězce je zajištěna oxidativní fosforylace adenosindifosfátu (ADP) a produkce vysokoenergetické látky, adenosintrifosfátu (ATP). V tomto místě se v těle spotřebovává kyslík a tvoří se metabolická voda. (Převzato a upraveno z Nelson DL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry, 3rd edn. New York: Worth Publishers, 2000.)

kové ionty se přeměňují na vodík. (H⁺) se spojují s kyslíkem (O₂) za vzniku vody (H₂O). Přibližně 90 % celkového množství ATP vznikajícího při metabolismu glukózy vzniká během výše popsané oxidativní fosforylace. Voda vznikající

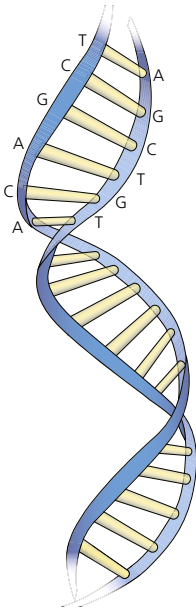
v tomto místě se označuje jako metabolická voda (viz kapitola 2) a zde také dochází ke spotřebě kyslíku pro organismus (viz kapitola 10).

■ FUNKCE DNA A RNA

1. Z čeho se skládají jednotlivé chromozomy?
2. Jaké chemické báze tvoří dva nukleotidové řetězce DNA?
3. Jak jsou oba nukleotidové řetězce spojeny a jaké jsou komplementární báze?
4. Jaký je vztah histonových proteinů k nukleotidovým řetězcům?
5. Kde se nachází místo začátku replikace DNA?
6. Jak se nazývá místo spojení dvou nově vzniklých chromozomů (chromatid)?
7. Popište gen ve vztahu k molekule DNA.
8. Jaké jsou čtyři fáze mitózy?
9. Jak se jmenuje každý pár replikovaných centriol?
10. Namalujte a popište čtyři fáze mitózy a interfázi jako období mezi po sobě jdoucími děleními.
11. Může se DNA z jádra přesunout do cytoplazmy a iniciovat syntézu bílkovin?
12. Jaké jsou funkce mRNA, tRNA a rRNA?
13. Jak souvisí syntéza bílkovin s alergiemi a odhojením tkání u jednotlivých zvířat?

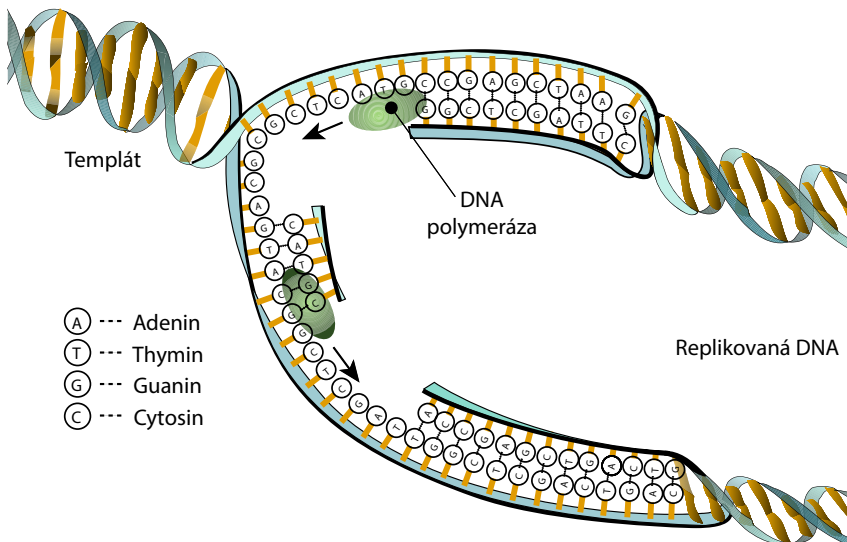
DNA a její replikace

Jádro je tvořeno převážně **chromozomy**, což jsou struktury, které určují dědičné a individuální vlastnosti živočicha. Každý chromozom se skládá z velké molekuly DNA ovinuté ve formě **dvoušroubovice** (šroubovice je spirálovitý útvar) kolem jádra z histonových proteinů. DNA se skládá ze dvou extrémně dlouhých **polynukleotidových řetězců**, z nichž každý obsahuje **purinové báze** adenin a guanin a **pyrimidinové báze** thymin a cytosin (obrázek 1-3). **Nukleotid** vzniká kombinací jedné molekuly kyseliny fosforečné, jedné molekuly deoxyribózy a jedné ze čtyř bází. Řetězce jsou mezi sebou vázány vodíkovou vazbou mezi bázemi, přičemž adenin se váže na thymin a guanin na cytosin. Vazebný vztah se označuje jako **komplementární** (tj. nejsou identické). Kdykoli je adenin

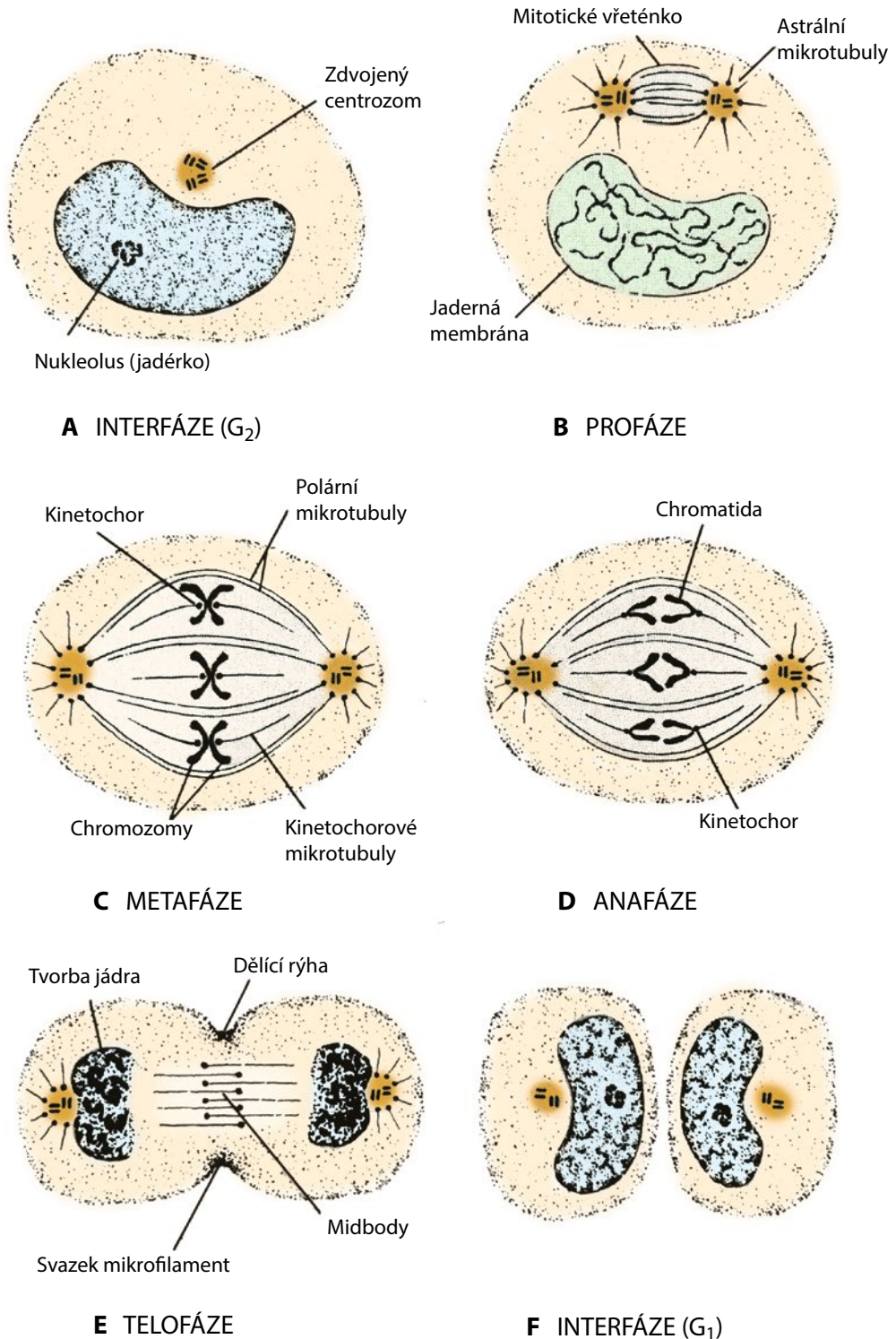


OBRÁZEK 1-3 Dvoušroubovice molekuly DNA tvoří dva polynukleotidové řetězce. K párování bází dochází mezi A (adeninem) a T (thyminem) a také mezi G (guaninem) a C (cytosínem). Řetězce drží pohromadě díky vodíkovým vazbám mezi bázemi. Histonové proteiny tvoří jádro mezi nukleotidovými řetězci.

na jednom vlákně, bude thymin ve stejné pozici na opačném vlákně. **Histony** jsou kladně nabitě proteiny, které silně asociují s DNA pomocí iontových vazeb s jejími mnoha záporně nabitými fosfátovými skupinami. Přibližně polovinu hmoty chromatinu tvoří DNA a polovinu histony. Celý komplex DNA a histonů se nazývá chromatin. Před buněčným dělením se kličky kolem histonových bílkovin uvolní a replikace DNA začne rozdělením dvoušroubovice v místě spojení komplementárních bází. Oddělená vlákna pak slouží jako šablona (templát) pro vytvoření komplementární báze při replikaci (vytvoření faksimile nebo kopie) (obrázek 1-4). Výsledkem je, že každé ze dvou původních vláken každého chromozomu je nově spárováno s novým komplementárním vláknem, čímž se vytvoří dvě spirálovité šroubovice chromozomů z původní jedné. Dva nově vzniklé chromozomy zůstávají dočasně navzájem spojeny (dokud nenastane čas pro mitózu) v místě označovaném jako centromera, která se nachází blízko jejich středu. Tyto zdvojené, ale spojené chromozomy se nazývají chromatidy. Jednotkami dědičnosti jsou geny uložené na chromozomech. Každý gen je částí molekuly DNA. Na dlouhých, dvouvláknových,



OBRÁZEK 1-4 Replikace DNA. Kličky kolem histonových proteinů se uvolní a dvoušroubovice se rozdělí v místě spojení komplementárních bází. Oddělená vlákna slouží jako šablona (templát) pro tvorbu komplementárního vlákna. Dva nové dvoušroubovicové chromozomy se vytvoří z původního jednoho. (Převzato a upraveno z Frandson RD, Wilke WL, Fails AD. *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. 7th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009.)



OBRÁZEK 1-5 Schematické znázornění fází mitózy. Podrobnosti viz text. (Převzato a upraveno z Cormack DH. Ham's Histology. 9th edn. Philadelphia, PA: JB Lippincott Company, 1987.)

šroubovicových molekulách DNA, jejichž molekulová hmotnost se měří v miliardách kDa, je uložen jeden za druhým velký počet genů.

Mitóza

Mitóza je dělení somatických buněk (tělních buněk na rozdíl od buněk pohlavních), při němž dělení jádra předchází dělení cytoplazmy a zahrnuje sled čtyř fází: **profázi**, **metafázi**, **anafázi** a **telofázi** (obrázek 1-5). Období mezi po sobě následujícími děleními se nazývá **interfáze**. Před zahájením mitózy se musí zdvojit dvě důležité struktury 1) chromozomy (DNA) a 2) centrozom. Centrozom se skládá ze dvou centriol, které po duplikaci slouží jako budoucí póly vřeténka při dělení buňky. Na *obrázku 1-5A* je centrozom zdvojený, jak je vidět podle čtyř centriol, které se v něm nacházejí. Na začátku profáze se oba centrozomy oddělí a začnou se přesouvat k opačným pólům buňky (*obrázek 1-5B*). Z každého centrozomu přitom vyrůstají všemi směry mikrotubuly, které se označují jako astrální. Když se astrální mikrotubuly z každého pólu navzájem spojí, vytvoří mitotické vřeténko. Když buňka vstoupí do metafáze (*obrázek 1-5C*), jaderná membrána se rozpadne a umožní některým mikrotubulům vřeténka interagovat se specializovanou oblastí na zdvojených chromozomech, označovanou jako **kinetochor**. Mikrotubuly, které se spojují s kinetochorem, se označují jako kinetochorové mikrotubuly, zatímco ty, které propojují oba póly, jsou polární mikrotubuly. Interakce mezi mikrotubuly a chromozomy vede k tomu, že chromozomy jsou uspořádány ve středové rovině v polovině vzdálenosti mezi póly vřeténka. Jakmile začne anafáze, duplikované chromozomy se oddělí a jsou taženy kinetochorovými mikrotubuly opačným směrem k jednomu z pólů vřeténka (*obrázek 1-5D*). V telofázi chromozomy dorazí ke svému pólu vřeténka a kolem chromozomů se vytvoří nové jádro (*obrázek 1-5E*). Na konci anafáze/začátku telofáze se kolem středu buňky vytvoří struktura zvaná kontraktilní prstenec, díky kterému vznikne na buňce dělicí rýha. Proces končí rozdělením cytoplazmy, takže vzniknou dvě dceřiné buňky, každá s vlastním jádrem a cytoplazmou.

Syntéza RNA a proteinů

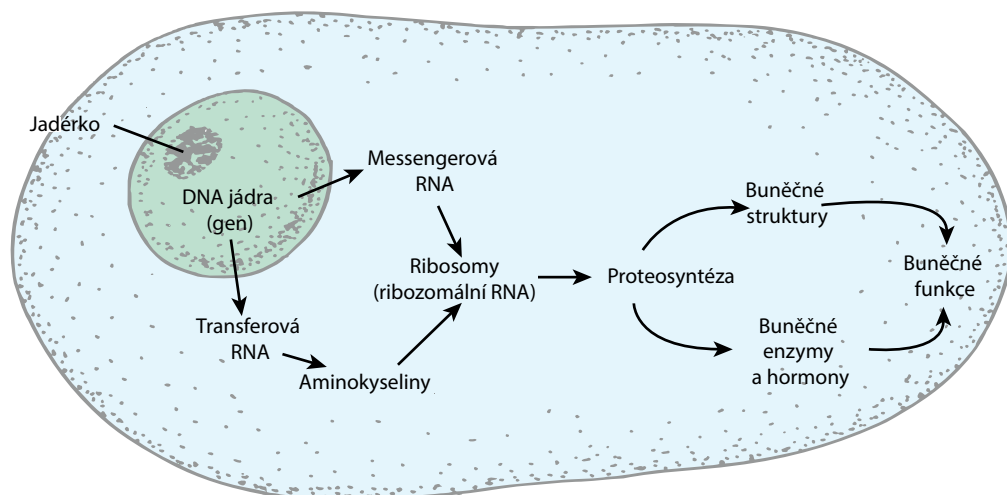
Geny kontrolují tvorbu proteinů buňky prostřednictvím složitého kódování, tzv. **genetickým kódem**. DNA v jádře není kvůli své velikosti a neschopnosti proniknout do cytoplazmy schopna přímo kontrolovat syntézu bílkovin, která probíhá v cytoplasmě. K tomu slouží molekuly RNA, které jsou syntetizovány podle DNA. První z nich, **messengerová RNA (mRNA)**, se do cytoplazmy dostává jadernými póry.

Tato RNA nese kód pro syntézu proteinů (transkripce) a váže se na ribozomy drsného ER, kde se syntetizují molekuly bílkovin. Druhá, **transferová RNA (tRNA)**, je syntetizována podle DNA a přesouvá se do cytoplazmy, kde se na ní naváže specifická aminokyselina, kterou tRNA přeneše k mRNA. Tam je aminokyselina podle komplementárního kódu připojena ke vznikající molekule bílkoviny (translace). Každá z 20 tRNA je specifická pro každou z 20 aminokyselin. Třetím typem RNA je **ribozomální RNA (rRNA)**, která se nachází v ribozomech. Je to struktura, na níž se syntetizují molekuly bílkovin. Průběh syntézy bílkovin je znázorněn na *obrázku 1-6*. Vzhledem k tomu, že informace o struktuře bílkovin jsou uloženy v jádře na molekulách DNA je zřejmé, že bílkoviny jsou specifické pro každého jedince. Podání cizích proteinů zvířeti má za následek alergické reakce, odmítnutí tkáně a další inkompability.

■ EMBRYOLOGIE

1. Popište rozdíl mezi diploidními a haploidními buňkami.
2. Jak se liší meióza od mitózy?
3. Jak se nazývá meióza zárodečných buněk u samice a u samce?
4. Definujte embryologii.
5. Popište rozdíly mezi gametou, zygotou, morulou a blastocystou.
6. Na čem se podílí trofoblast při vývoji plodu?
7. Vyjmenujte tři zárodečné listy, které se vytvářejí v průběhu embryonálního vývoje.
8. Jaké jsou dvě hlavní události významné pro vývoj zárodečných listů?

Oplození je při rozmnožování prvotní událostí na buněčné úrovni a vyžaduje spojení sami-



OBRAZEK 1-6 Schematické shrnutí genetického kódování a jeho úlohy při syntéze proteinů a souvisejících buněčných funkcí.

čí pohlavní buňky (gamety), **oocytu**, se samčí gametou **spermií**.

Aby oplozený oocyt měl normální počet chromozomů (**diploidní** neboli **2n**), musí být počet chromozomů každé gamety snížen na polovinu (**haploidní** neboli **n**) ještě v reprodukční soustavě příslušné samice nebo samce. Tato redukce chromozomů se nazývá **meióza**, na rozdíl od **mitózy**, při níž si každá buňka po rozdělení zachovává počet chromozomů 2n. Meióza doprovázená dělením buněk se u samice nazývá **oogeneze** a u samce **spermatogeneze**. Gamety se po splynutí označují jako **zygota**. Ta už má správný počet chromozomů (2n) typický pro daný druh a další vývoj po oplození už probíhá mitózou. Oplození a začátek mitózy při vzniku nového jedince jsou znázorněny na **obrázku 1-7**. Další podrobnosti o spermatogenezi, oogenezi a oplození najdete v **kapitolách 14 a 15**.

Embryologie se zabývá prenatálním (před narozením) vývojem jedince a, jak je uvedeno výše, začíná zygotou. Mitotická dělení pokračují a vytvářejí shluk buněk známý jako **morula**, který přechází v **blastulu** (**obrázek 1-8**). Dutina blastuly, **blastocoel**, vzniká, když mezi buňky moruly difunduje tekutina. Jakmile se tekutina nahromadí, buňky se postupně rozdělí na vnější vrstvu buněk zvanou **trofoblast** a **vnitřní buněč-**

nou hmotu (embryoblast), která vytvoří tělo embrya (**obrázek 1-9A**). Trofoblast se podílí na vzniku **fetální placenty (extraembryonálního obalu)**, která zajišťuje polohu embrya v děloze a zajišťuje jeho výživu od matky (viz **kapitola 15**).

Část vnitřní buněčné hmoty, která je nejbližší trofoblastu, se nazývá **epiblast** a část přiléhající k blastocoelu **hypoblast** (**obrázek 1-9B**). Dutina vytvořená dorzálně od epiblastu je označována jako **amniotická dutina** embrya (viz **kapitola 15**). Proliferující buňky hypoblastu migrují a lemují blastocoel. Tato výstelka se stává **endodermem**. Endoderm vrůstá do blastocoelu a vytváří plíce, střeva, játra a další vnitřní orgány. **Ektoderm** se vyvíjí z proliferujících vnějších buněk vnitřní buněčné hmoty (buněk epiblastu) a migruje směrem k podélné ose v místě známém jako primitivní proužek, což je ztlustění buněk epiblastu (**obrázek 1-9C**). Kůže a všechny její deriváty (např. srst, kopyta, mléčné žlázy) a celá nervová soustava se tvoří z ektodermu. Buňky mezi ektodermem a endodermem se stávají **mezodermem** (**obrázek 1-9D**). Mezoderm roste mezi ektodermem a endodermem a rozděluje se na dvě vrstvy, které formují dutinu mezi dvěma vrstvami označovanou jako **coelom (předchůdce tělních dutin)**. Z coelomu se odvozují perikardiální, pleurální a břišní dutina. Z mezodermu se vyví-

Vážený čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Pokud se Vám ukáзка líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.