

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 bachoru	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
	Involute 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 podnadvysy. 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 pociťoval 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, zasloužila 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 profesionalitou 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 stomatologie, 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. Studium 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 organelle 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 uspořádány 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.

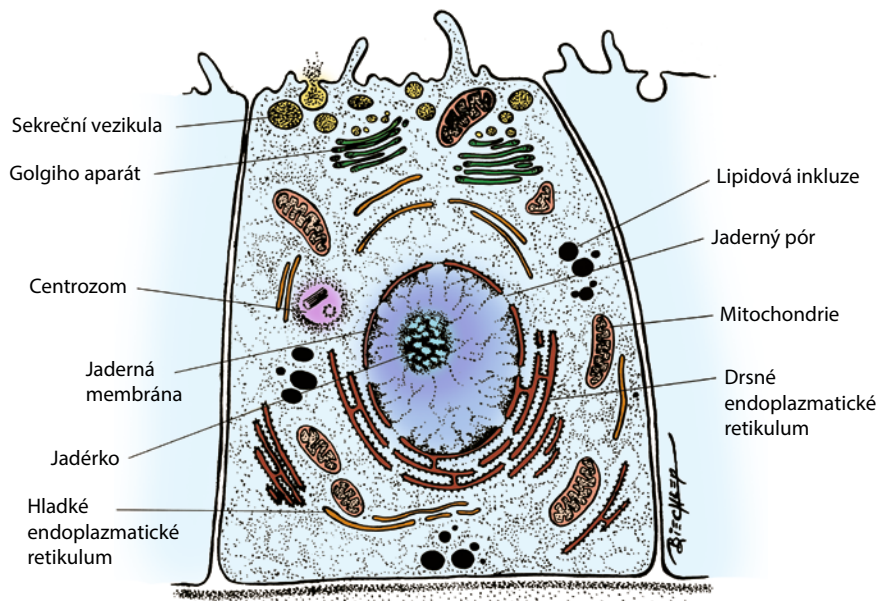
Jádro

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 jaderek 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 – křtiny, 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.

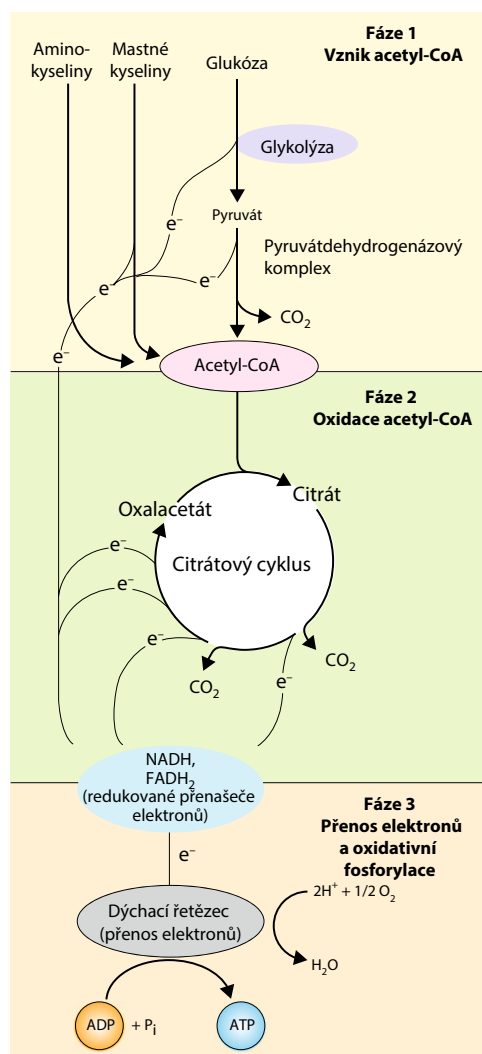
Centrozom

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 centrosom jako pól vřetenka 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 redukuje 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 (O_2) za vzniku vody (H_2O). Přibližně 90 % celkového množství ATP vznikajícího při metabolismu glukózy vzniká během výše popsané oxidativní fosforylace. Voda vznikající

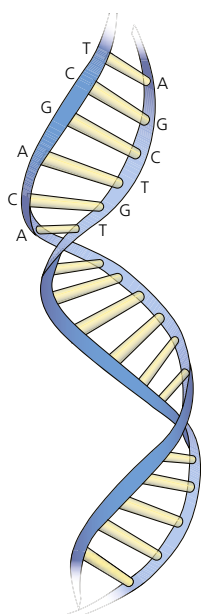
v tomto místě se označuje jako metabolická voda (viz kapitola 2) a zde také dochází ke spotřebě kyslíku pro organismus (viz kapitola 10).

■ 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?

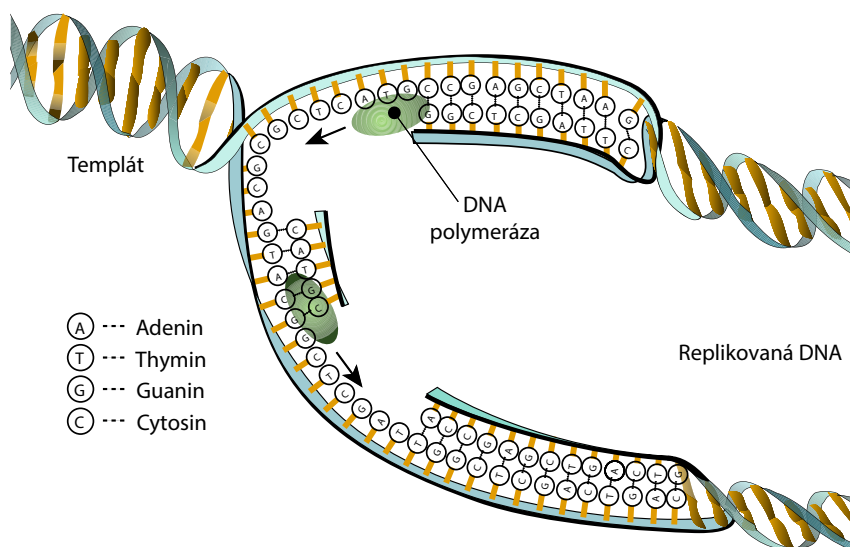
DNA a její replikace

Jádro je tvořeno převážně **chromozomy**, což jsou struktury, které určují dědičné a individuální vlastnosti živočicha. Každý chromozom se skládá z velké molekuly DNA ovínuté 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

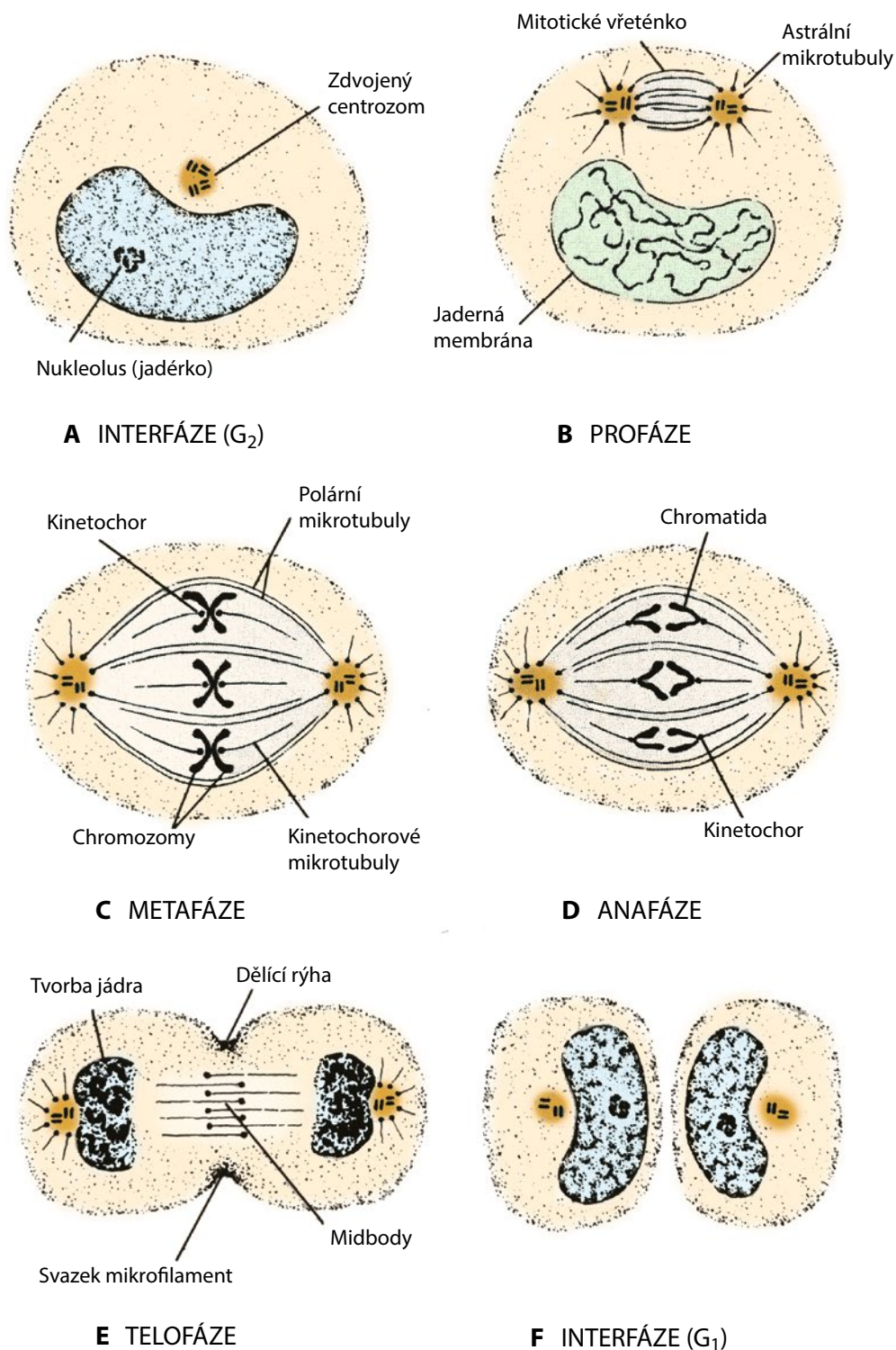


OBRÁZEK 1-3 Dvoušroubovice molekuly DNA tvoří dva polynukleotidové řetězce. K párování bází dochází mezi A (adeninem) a T (thyminem) a také mezi G (guaninem) a C (cytosínem). Řetězce drží pohromadě díky vodíkovým vazbám mezi bázemi. Histonové proteiny tvoří jádro mezi nukleotidovými řetězci.

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 a 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

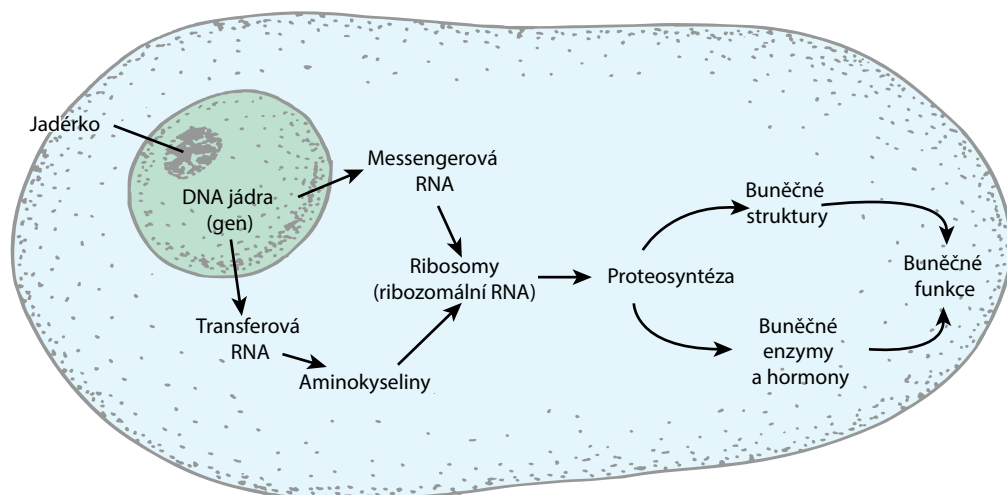
Geny kontrolují tvorbu proteinů buňky prostřednictvím složitého kódování, tzv. **genetickým kódem**. DNA v jádře není kvůli své velikosti a neschopnosti proniknout do cytoplazmy schopna přímo kontrolovat syntézu bílkovin, která probíhá v cytoplasmě. K tomu slouží molekuly RNA, které jsou syntetizovány 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 přenese 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 inkompatibility.

■ 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-



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

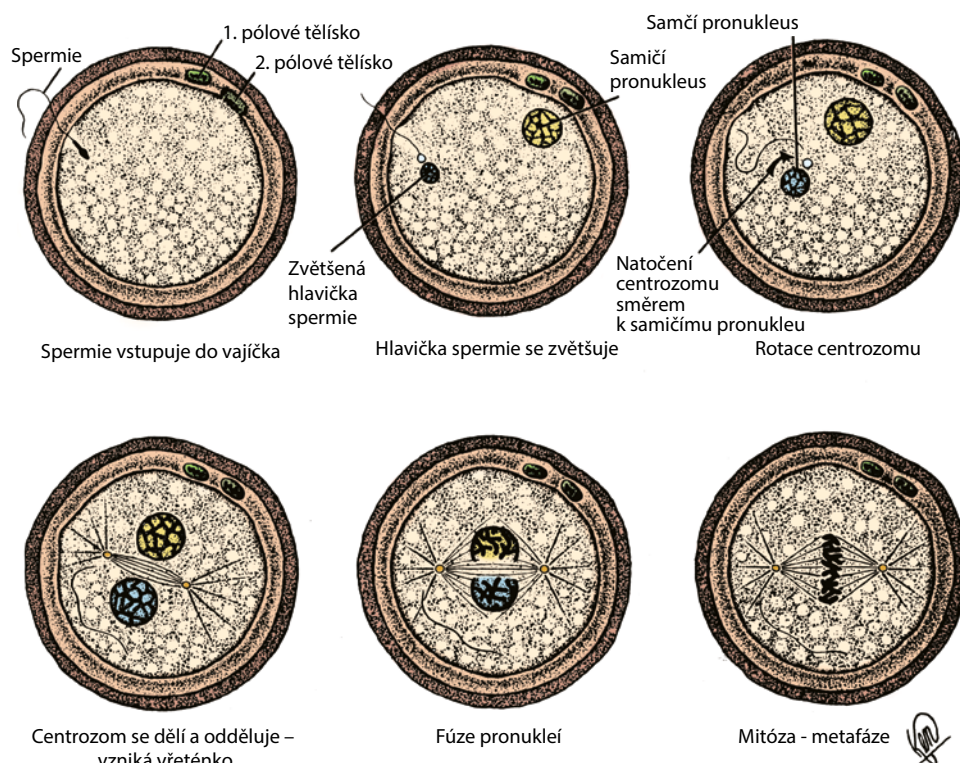
čí pohlavní buňky (gamety), **oocyty**, se samčí gametou **spermii**.

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**.

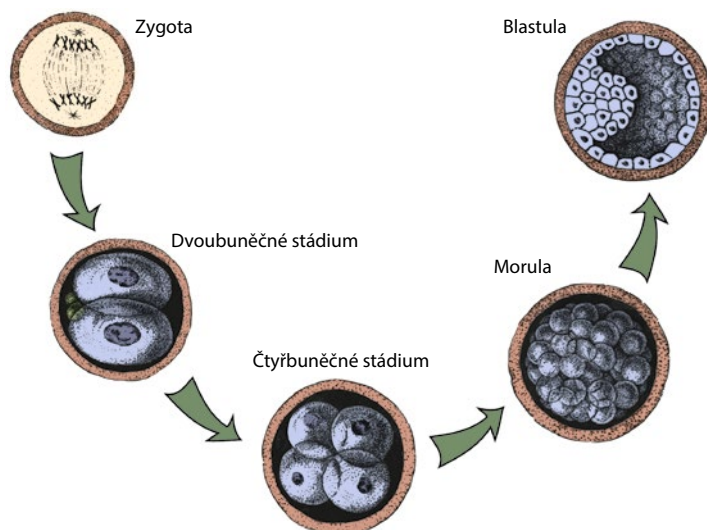
Embryologie se zabývá prenatálním (před narozením) vývojem jedince a, jak je uvedeno výše, začíná zygotou. Mitotická dělení pokračují a vytvářejí shluk buněk známý jako **morula**, který přechází v **blastulu** (**obrázek 1-8**). Dutina blastuly, **blastocoel**, vzniká, když mezi buňky moruly difunduje 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**).

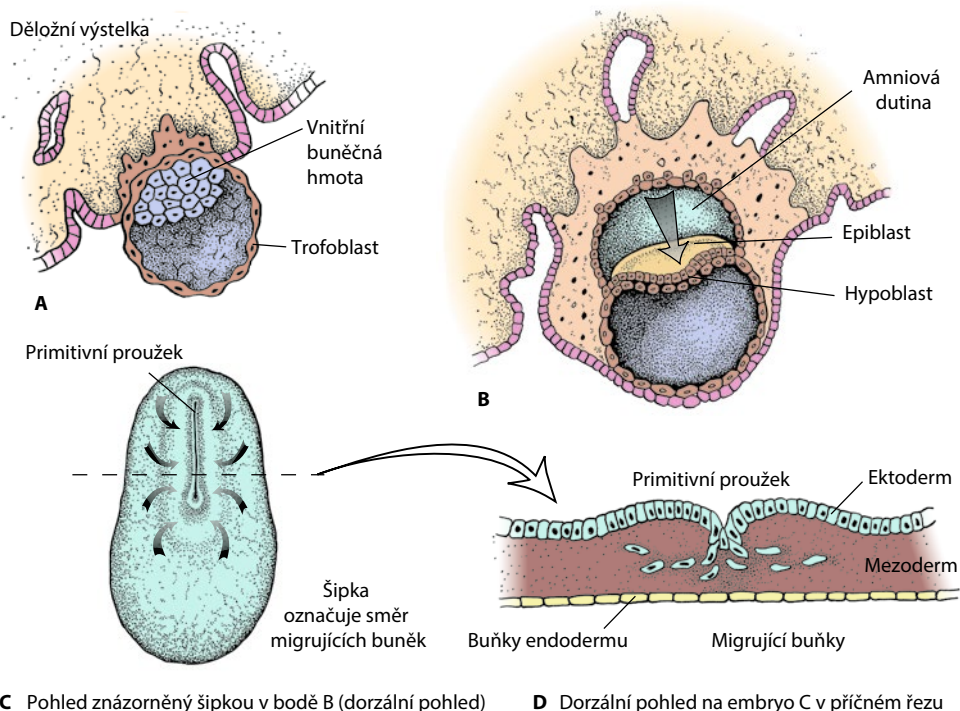
Část vnitřní buněčné hmoty, která je nejbližší trofoblastu, se nazývá **epiblast** a část přiléhající k blastocoelu **hypoblast** (**obrázek 1-9B**). Dutina vytvořená dorzálně od epiblastu je označována jako **amniotická dutina** embrya (viz **kapitola 15**). Proliferující buňky hypoblastu migrují a lemují blastocoel. Tato výstelka se stává **endodermem**. Endoderm vrůstá do blastocelu 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-



OBRÁZEK 1-7 Schéma oplození. K meióze ve spermiích a oocytech (redukce počtu chromozomů na polovinu) dochází v samčí a samičí reprodukční soustavě. Po vstupu spermie do oocytu následuje splynutí příslušných prvojader (pronukleí) za vzniku zygoty se správným počtem chromozomů ($2n$ neboli diploidní). Buněčné dělení pokračuje mitózou a vzniká nový jedinec. (Převzato a upraveno z Crouch JE. *Functional Human Anatomy*. 4th edn. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 1985.)



OBRÁZEK 1-8 Pokračující mitotické dělení od zygoty k blastule. (Převzato a upraveno z Frandson RD, Wilke WL, Fails AD. *Anatomy a Physiology of Farm Animals*. 7th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009.)



C Pohled znázorněný šipkou v bodě B (dorzální pohled)

D Dorzální pohled na embryo C v příčném řezu

OBRÁZEK 1-9 Vznik zárodečných listů, ektodermu, mezodermu a endodermu. **A.** Embryo se uhnízdí ve stěně dělohy (nidace). **B.** Vytvoření vrstev epiblastu a hypoblastu. Dorzálně od epiblastu se vytváří amniotická dutina a buňky hypoblastu migrují, aby vystlaly dutinu blastuly (blastocoel), která se stává endodermem. **C.** Embryo při pohledu shora. Primitivní proužek je ztlustění buněk epiblastu na podélné ose, které migrují směrem k primitivnímu proužku a stávají se ektodermem. **D.** Řez oblastí primitivního proužku ukazující migraci buněk mezi ektodermem a endodermem, které se stávají mezodermem. (Převzato a upraveno Frandson RD, Wilke WL, Fails AD. *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. 7th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009.)

jí kosterní, hladká a srdeční svalovina, ledviny, kostra a další pojivové tkáně. Vytvoření zárodečných listů je první segregací buněčných typů, odvozených od funkcí uvnitř embrya. Vytvoření zárodečných listů také znamená přechod mezi obdobím vývoje, kdy byl jedinou významnou událostí nárůst počtu buněk, a obdobím, kdy jsou dominantními aspekty diferenciací a specializace. Ze zárodečných listů vznikají všechny struktury v těle.

■ TKÁNĚ

1. Uvedte rozdíly mezi buňkami, tkáněmi, orgány a orgánovými systémy jako strukturními jednotkami těla.
2. Vyjmenujte čtyři základní typy tkání.
3. Kde se obecně nachází epitelová tkáň?
4. Jaká je funkce bazální membrány?

5. Jak epitelová tkáň přijímá živiny a odvádí odpadní látky?
6. Jak se dělí epitelová tkáň podle počtu buněčných vrstev?
7. Jak se dělí epitelové tkáně podle tvaru buněk?
8. Kde se nachází endotel, mezotel a mezenchymální epitel, které jsou odvozeny z mezodermu a mají vzhled jednoduchého dlaždicového epitelu, který je odvozen z ektodermu nebo endodermu?
9. Uvedte, kde se nachází jednotlivé typy epitelů.
10. Čím se liší endokrinní a exokrinní žlázy?
11. Uvedte rozdíly mezi holokrinními, merokrinními a apokrinními žlázami.
12. Jaké jsou dva typy epitelových membrán a kde se nacházejí?

13. Jaké hlavní funkce plní jednotlivé typy pojivových tkání?
14. Které buňky vytvářejí mezibuněčnou hmotu pojivové tkáně?
15. Co tvoří mezibuněčnou hmotu vazivové tkáně? Jak se od sebe liší typy vaziva?
16. Uveďte rozdíly mezi hustotou uspořádaného a neuspořádaného vaziva.
17. Uvědomte si, že chrupavka, kost a krev jsou dalšími prvky pojivové tkáně.

Při rozlišování strukturních jednotek v těle se v první úrovni rozlišují jednotlivé buňky. Další úrovni jsou **tkáně**, které se jako jednotka skládají z buněk s podobnými strukturními a funkčními vlastnostmi. Dvě nebo více tkání, které jsou spojeny při zajišťování určitých funkcí, se nazývají **orgány** (např. srdce a játra jsou orgány). Kombinace orgánů s podobnými nebo příbuznými funkcemi, které pracují společně jako celek, představují **soustavy těla** (např. trávicí a dýchací soustava). Většina této knihy je uspořádána podle soustav a systémů, přičemž buňky, tkáně a orgány dané soustavy či systému budou popisovány z hlediska jejich významu při zajištění funkce.

V těle jsou čtyři základní typy tkání, a to: (1) **epitelová tkáň (epitel)**, (2) **pojivová tkáň**, (3) **nervová tkáň** a (4) **svalová tkáň**. Na rozdíl od nervové a svalové tkáně nejsou epitelová a pojivová tkáň v jednotlivých kapitolách vysvětleny jako soustava. Proto budou nyní uvedeny některé jejich charakteristické vlastnosti.

Epitel

Epitelové tkáně pokrývají povrch těla, vystýlají tělní dutiny a tvoří žlázy a další struktury (např. srst, kopyta a rohy). Až na několik výjimek pochází epitel z ektodermu nebo endodermu a buňky leží na bazální membráně. **Bazální membrána** má adhezivní funkci, takže buňky těsně přiléhají k podkladové pojivové tkáni, čímž jí dodávají větší pevnost.

Do epitelových tkání nepronikají krevní cévy, ale živiny a odpadní látky se do nich a z nich dostávají difúzí přes cévy v sousední nebo pod nimi ležící pojivové tkáni.

Klasifikace

Podle počtu vrstev buněk v tkáni se rozlišuje **jednovrstevný epitel** (jedna vrstva) a **vrstevnatý epitel** (stratifikovaný – dvě a více vrstev). Existuje také klasifikace podle tvaru buněk, a to: (1) **dlaždicový** (tenké a ploché buňky), (2) **kubický**, jehož buňky jsou přibližně stejně vysoké a široké (na řezu kolmém k povrchu se jeví jako čtvercové), a (3) **cylindrický**, u něhož jsou buňky vyšší než širší a na kolmém řezu jsou obdélníkové.

Typy epitelu, které se běžně vyskytují v celém těle, jsou znázorněny na **obrázku 1-10**. Všimněte si, že každý z nich je označen i podle počtu vrstev i tvaru buněk, a to následovně:

1. Jednovrstevný dlaždicový epitel (**obrázek 1-10A**).

Jednovrstevný dlaždicový epitel se skládá z jedné vrstvy tenkých, plochých buněk nepravidelných obrysů, které do sebe zapadají a jsou spojené dohromady a tvoří tak souvislou tenkou membránu. Epitel není uzpůsoben k tomu, aby odolával namáhání, ale spíše k tomu, aby plnil filtrační funkci (např. některé části ledvinových kanálků).

Existují tři tkáně, které mají stejný vzhled jako jednoduchý dlaždicový epitel, ale liší se tím, že jsou odvozeny spíše z mezodermu než z ektodermu nebo endodermu. Jedná se o endotel, mezotel a mezenchymální epitel. **Endotel** je jednoduchá vrstva dlaždicových buněk tvořící vnitřní výstelku srdce, cév a lymfatických cév. **Mezotel** je jednovrstevný dlaždicový epitel, který vystýlá velké tělní dutiny (pohrudnice a pobřišnice). **Mezenchymální** epitel se vyskytuje na místech, jako je výstelka subarachnoidálních prostor (v mozku) a v očních komorách.

2. Jednovrstevný kubický epitel (**obrázek 1-10B**). Jedná se o široce rozšířenou tkáň, jejíž příklady najdeme v choroidním plexu (*plexus chorioideus*) nervového systému, vnějším obalu nervového systému, vnějším obalu vaječníku (reprodukční systém) a výstelce folikulů štítné žlázy (endokrinní systém).
3. Jednovrstevný cylindrický epitel (**obrázek 1-10C**).

Tato tkáň tvoří výstelku trávicího traktu. Buňky mohou být absorpční, sekreční nebo obojí. Běžnou sekreční funkcí těchto buněk

je vylučování hlenu na povrch epitelových membrán, které tak chrání. Existují také jednovrstevné cylindrické epitely s řasinkami. **Řasinky** jsou pohyblivé výběžky z povrchu buněk, které se pohybují v jednom směru díky tubulům, které obsahují. Příkladem jejich výskytu jsou vejcovody (ovidukty).

4. Přechodný epitel (obrázek 1-10D).

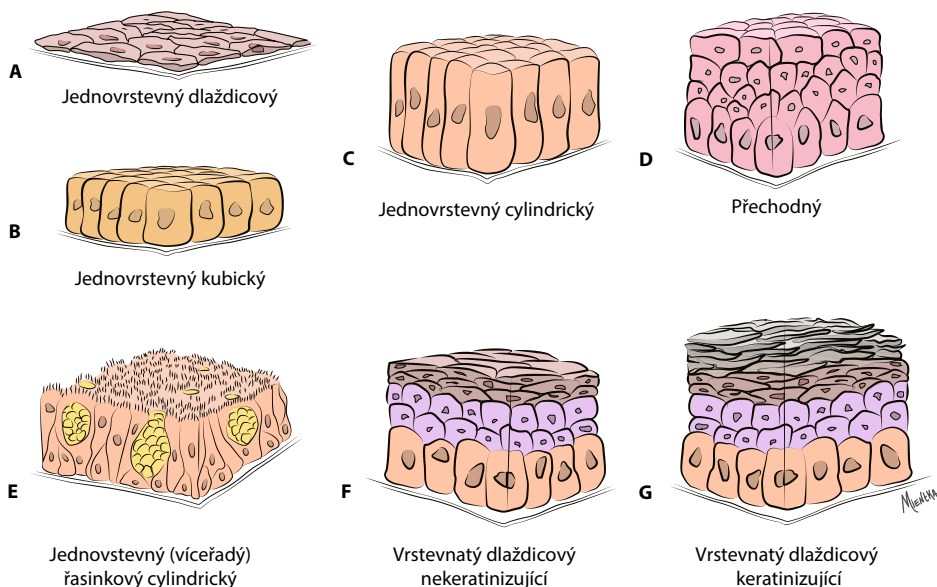
Tato tkáň je typická pro výstelku močového měchýře. Jedná se o vrstevnatý epitel s různým vzhledem v závislosti na náplni močového měchýře. Když se močový měchýř stahuje, epitel se vrství do mnoha vrstev, ale když se močový měchýř naplní a je roztážen, lze vidět pouze dvě nebo tři vrstvy buněk.

5. Pseudostratifikovaný (víceřadý) řasinkový cylindrický epitel s pohárkovými buňkami (obrázek 1-10E).

Tyto tkáně se zdánlivě skládají z mnoha vrstev, ale ve skutečnosti mají pouze jednu vrstvu. Epitel na obrázku je řasinkový, ale existují i epitely bez řasinek. Vrstevnatý vzhled epitelu je způsoben tím, že některé buňky jsou nízké a jiné vyšší, které nízké buňky překrývají. Oba typy buněk mají společnou bazální membránu. Zobrazený typ s řasinkami a pohárkovými buňkami se nachází v dýcha-

cích cestách. **Pohárkové buňky** zajišťují vlhký povrch, který zachycuje vdechované částice. Řasinky epitelu posouvají zachycené částice spolu se sekretem směrem k ústní dutině.

6. Vrstevnaté dlaždicové epitely (obrázek 1-10F a G). Vrstevnaté epitely mají především ochrannou funkci. Lépe odolávají opotřebení než jednovrstevné epitely. Na různých místech těla je třeba různý typ a stupeň ochrany, a proto mají stratifikované epitely rozdílné vlastnosti. Typ znázorněný na obrázku je nekeratinizující vrstevnatý dlaždicový epitel (obrázek 1-10F), který se nachází na vlhkých površích vystavených opotřebení. Vnitřek úst a jícnu má tuto výstelku, která poskytuje ochranu před hrubou potravou. Dlaždicové jsou ve skutečnosti pouze povrchové buňky, nejhlubší vrstva (na bazální membráně) buněk je cylindrická. Jak buňky hluboké vrstvy procházejí mitotickým dělením, vnější buňky se zplošťují, odumírají a nakonec se oddělí od povrchu. Tímto způsobem se tkáň obnovuje. Epidermis (vnější vrstva) kůže je stratifikovaný (vrstevnatý) dlaždicový keratinizující (zrohovatělý) epitel (obrázek 1-10G). Ten se liší od nekeratinizovaného epitelu tím, že superficiální (povrchové) buňky jsou



OBRÁZEK 1-10 Klasifikace epitelových tkání. Epitelové buňky jsou zobrazeny na bazální membráně, která plní adhezivní funkci a drží buňky těsně u podkladové pojivové tkáně.

keratinizované (zrohovatělé). Buňky jsou také vzájemně srostlé. Zrohovatělá a srostlá vrstva minimalizuje ztráty tekutin z těla odpařováním a poskytuje větší ochranu před opotřebením.

Žlázy

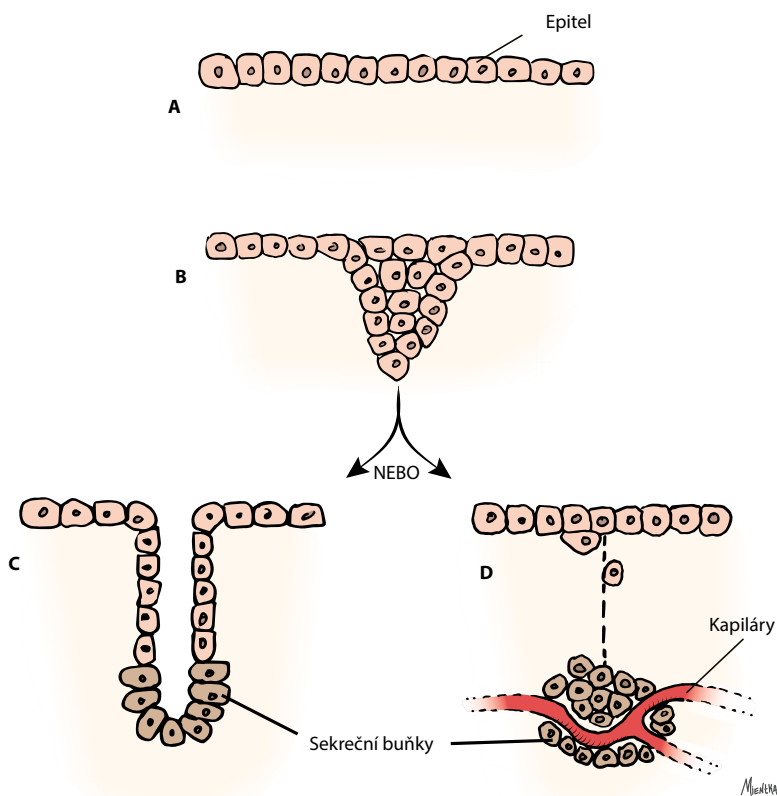
Žlázy těla se dělí na exokrinní a endokrinní. Oba typy jsou sekreční, ale **exokrinní žlázy** jsou ty, které mají sekreci směrem na povrch těla (sem patří i lumen orgánů). **Endokrinní žlázy** jsou ty, které vylučují sekrety uvnitř těla. Exokrinní žlázy musí být vybaveny kanálky, což jsou trubičky, které odvádějí žláзовý sekret na povrch těla. Protože endokrinní žlázy jsou ty, které vylučují sekrety uvnitř těla, žádné kanálky nepotřebují, a proto se často označují jako **žlázy bez vývodu**.

Vývoj obou typů žláz je schematicky znázorněn na *obrázku 1-11*. Je patrné, že oba typy

vznikají v důsledku prorůstání povrchových epitelových buněk ve formě provazce nebo tubulu do pojivové tkáně pod epitelem. Po proniknutí do pojivové tkáně vzniká žláza další proliferací a diferenciací. U exokrinních žláz se zachovává epitelové spojení mezi žlázou a povrchem, zatímco u endokrinních žláz toto spojení zaniká. Buňky, které tvoří sekreční jednotku, vylučují své sekrety do středové dutiny nebo lumen.

Holokrinní, merokrinní a apokrinní žlázy se rozdělují podle způsobu, jakým sekreční buňky žlázy vytvářejí svůj sekret. Buňka v **holokrinních žlázách** hromadí sekrety ve své cytoplazmě, a poté odumírá a rozpadá se. Odumřelá buňka spolu se svými produkty tvoří sekret (tj. celá buňka je vylučována). K tomuto typu patří mazové (tukové) žlázy v kůži.

Merokrinní žlázy sekretují, aniž by došlo ke ztrátě jakékoliv části buňky. Sekreční granu-



OBRÁZEK 1-11 Vývoj exokrinních a endokrinních žláz. **A.** Povrchové epitelové buňky. **B.** Epitelové buňky pronikající do pojivové tkáně. **C.** U exokrinních žláz se zachovává spojení s epitelem, ale u endokrinních žláz se ztrácí (**D**).

la jsou cytoplazmatické inkluze a přestože jsou produkovány cytoplazmou, nejsou ve skutečnosti její součástí. Proto sekreční granula přecházejí do lumen sekreční jednotky, aniž by došlo ke ztrátě cytoplazmy sekrečních buněk. Do této skupiny patří pankreas a slinné žlázy.

Apokrinní žlázy jsou mezičlánek mezi holokrinními a merokrinními žlázami, protože jejich sekrety se shromažďují u apikálního pólu žlázy buněk, a poté se odškrubují a vytváří sekret. Do této skupiny patří mléčné žlázy a některé potní žlázy.

Epitelové membrány

Epitelové membrány se skládají z povrchové vrstvy epitelu a spodní vrstvy pojivové tkáně. Dva typy, které jsou v těle významné, jsou sliznice a serózní membrány.

Sliznice, označované jako mukózy, vystylají duté orgány a dutiny, které se otevírají na povrch těla. Tyto membrány vystylají většinu orgánů trávicí, dýchací, močové a reprodukční soustavy. Povrchový epitel se může lišit typem, ale vždy je díky hlenu udržován vlhký. Pojivová tkáň pod epitelem se označuje jako *lamina propria*.

Serózní membrány, označované jako **serózy**, vystylají tělní dutiny a pokrývají povrch sousedících orgánů. Povrchový epitel je mezotel na tenké vrstvě řídké vazivové tkáně. Mezotel tvoří tekutinu, která slouží ke zvlhčování a mazání. Příklady serózních membrán jsou pleura (pohrudnice, vystylá hrudní koš), perikard (srdečník, vystylá dutinu kolem srdce) a peritoneum (pobřišnice, vystylá dutinu břišní a pánevní).

Pojivová tkáň

Pojivové tkáně jsou velkou skupinou tkání, které mají společný původ v mezodermu. Hlavní funkce, které plní jednotlivé buňky různých typů pojivových tkání jsou: (1) produkce mezibuněčné hmoty, (2) ukládání tuku (adipocyty) a (3) produkce různých krevních buněk, které mají zase specifické funkce (např. fagocytóza bakterií a tvorba protilátek). Mezibuněčná hmota, kterou vytváří chondrocyty a osteocyty (chrupavka a kost) patří mezi pojivové tkáně specializované na podporu těla. **Chrupavka, kost a krev** jsou

pojivové tkáně, které budou popsány v samostatných kapitolách.

Vazivové tkáně

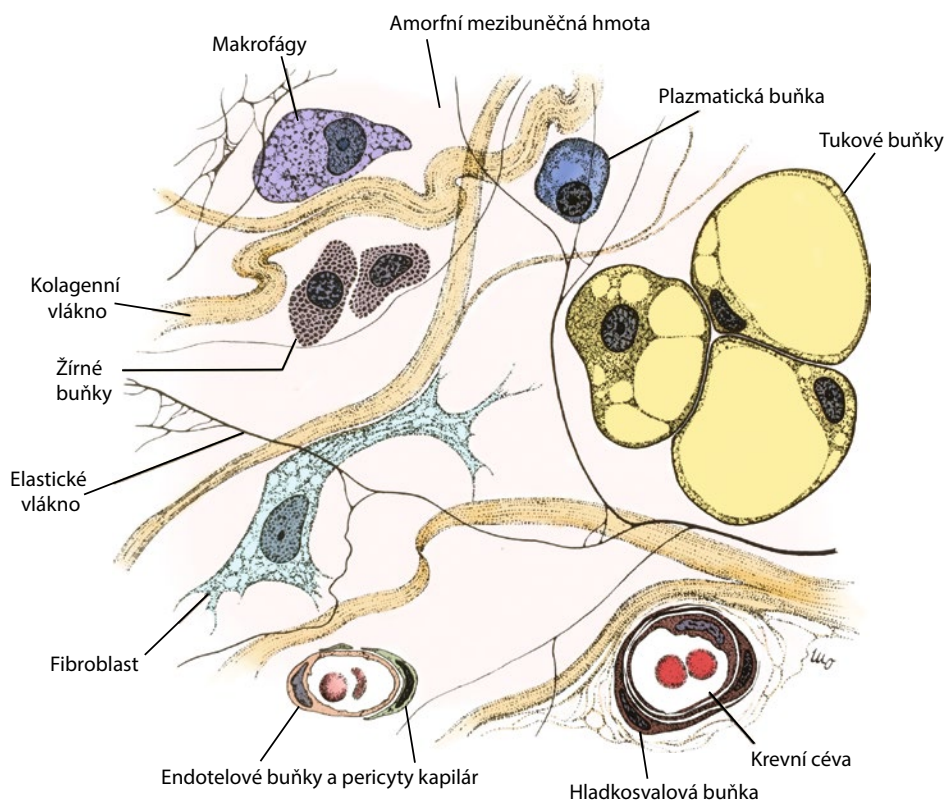
Vazivové tkáně spojují jiné tkáně a rozdělují se na řídké a husté.

Řídká vazivová tkáň obsahuje řadu různých typů buněk. Řídká vazivová tkáň je široce rozšířena v těle, kde tvoří podkoží nebo povrchové fascie. Mezi jednotlivými orgány vyplňuje volný prostor a spojuje struktury dohromady. Díky svému řídkému uspořádání umožňuje vzájemný pohyb svalů. **Fibroblasty** jsou buňky, které produkují mezibuněčnou hmotu vazivové tkáně. Pokud jsou fibroblasty v dospělosti méně aktivní (klidová forma), často se označují jako **fibrocyty**.

Důležitými složkami mezibuněčné hmoty vaziva jsou (1) kolagenní neboli bílá vlákna, (2) elastická neboli žlutá vlákna, (3) retikulární vlákna a (4) základní amorfní hmota.

Kolagenní vlákna vypadají jako zvlněné stužky. Jsou pevná a málo roztahitelná a skládají se z kolagenu, což je rodina bílkovin s obdobnou strukturou. **Elastická vlákna** jsou dlouhá válcovitá nebo plochá vlákna. Po natažení mají tendenci znovu získat svůj původní tvar. Nacházejí se ve stěnách elastických tepen a jsou přítomná v ostatních tkáních všude tam, kde je potřeba zajistit pružnost. **Retikulární vlákna pojivové tkáně** jsou tenká a hustě rozvětvená. Tvoří část struktury endokrinních a lymfatických orgánů a také vytvářejí síť tam, kde struktury sousedí s pojivovou tkání, např. se vyskytují v okolí cév, v bazálních membránách a kolem nervových, svalových a tukových buněk. Podobně jako kolagenní vlákna nejsou pružná. Výše uvedená vlákna jsou uložena v **amorfní** (beztvaré) **základní hmotě**. Viskozita amorfní základní hmoty je různá, od tekutiny po gel. Na **obrázku 1-12** jsou znázorněny buňky a vlákna, které lze pozorovat v mikroskopickém řezu vazivem.

Hustá vazivová tkáň obsahuje v podstatě stejné typy vláken jako řídká vazivová tkáň. Existují dva typy této tkáně, **husté uspořádané** a **husté neuspořádané vazivo**. Uspořádanost se týká způsobu uspořádání jednotlivých vláken. V husté uspořádané vazivové tkáni jsou vlákna (zejména kolagenní vlákna) uspořádána do paralelních svazků tvořících šlachy. Ve vazech



OBRÁZEK 1-12 Vlákna a buňky řídké vazivové tkáně. Žírné buňky se obvykle nacházejí v blízkosti malých cév a mají granula obsahující silné mediátory zánětu (např. histamin). Makrofágy jsou fagocyty buňky a plazmatické buňky jsou zdrojem cirkulujících protilátek (imunoglobulinů). Pericyty jsou úzce spojeny s krevními kapilárami a žilkami a jsou potenciálním zdrojem nových fibroblastů a hladkosvalových buněk. (Převzato z Cormack DH. Ham's Histology. 9th edn. Philadelphia, PA: JB Lippincott Company, 1987.)

nejsou kolagenní vlákna tak pravidelně uspořádána a mohou být smíšena s elastickými vlákny. *Ligamentum nuchae* (vaz šíjový) má u zvířat, která se pasou, převahu elastických vláken. V husté neuspořádané vazivové tkáni jsou kolagenní vlákna vzájemně propletena a vytvářejí kompaktní hustou síť. Tento typ se nachází v dermis (škáře) kůže a využívá se pro výrobu usní. Po odstranění epidermis se ošetřuje tříslovinami.

Chrupavka, kost a krev jsou další pojivové tkáně, které budou popsány samostatně v příslušných kapitolách.

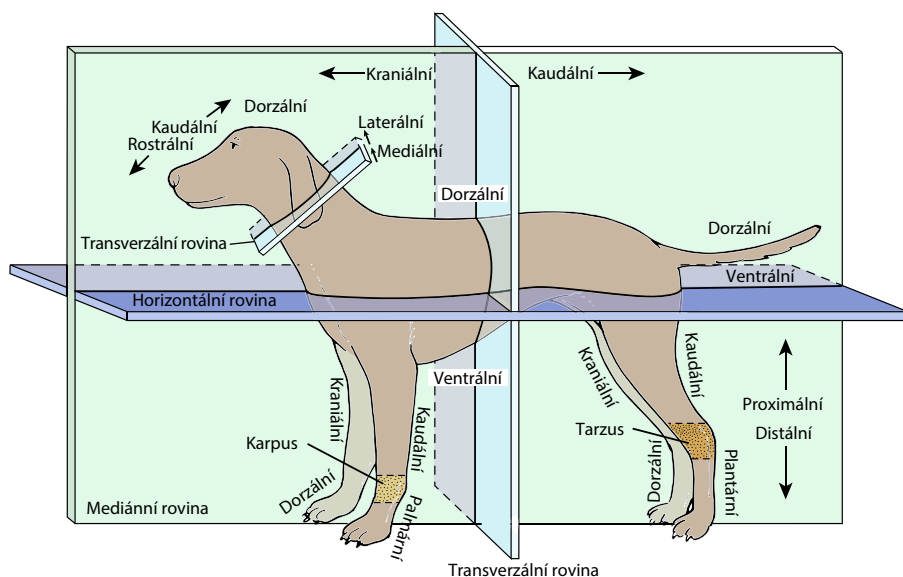
■ SMĚRY A ROVINY

1. Seznamte se s definicemi směrů a rovin znázorněných na obrázku 1-13 a s jejich použitím při popisu struktur těla.

V této knize budou při označování polohy částí těla používány popisné termíny. Tyto termíny se vztahují k samotnému zvířeti a platí bez ohledu na polohu nebo směr pohybu zvířete.

Definice následujících pojmů jsou znázorněny na obrázku 1-13 a vztahují se na čtvernožce (čtyřnohá zvířata).

1. **Kraniální** je směr k hlavě. Plíce jsou kraniálně od střev (blíže k hlavě).
2. **Kaudální** je směr k ocasu. Střeva jsou kaudálně od plic (blíže k ocasu).
3. **Rostrální** a **kaudální** jsou termíny pro směry uvnitř hlavy, které znamenají směr k nosu (rostrální) nebo k ocasu (kaudální). Mozek je rostrálně od mozečku.
4. **Mediální (středová) rovina** je rovina, která prochází tělem kraniokaudálně (od hlavy k ocasu). Dělí tělo na stejnou pravou a levou polovinu.



OBRÁZEK 1-13 Směry a roviny na těle čtyřnohých zvířat. Tečkované plochy představují karpus (karpální kloub) a tarsus (tarzální kloub) na předních a zadních končetinách.

5. **Sagitální rovina** je jakákoli rovina rovnoběžná se středovou rovinou a s výjimkou midsagitální roviny (což je jiný název pro mediální rovinu) se nachází buď napravo, nebo nalevo od mediální roviny.
6. **Transverzální rovina** je v pravém úhlu ke středové rovině a dělí tělo na kraniální a kaudální část. Příčný řez tělem nebo jeho částí by byl proveden v příčné rovině.
7. **Horizontální rovina** svírá pravý úhel s mediální i s transverzální rovinou a rozděluje tělo na dorzální (horní) a ventrální (dolní) část.
8. **Dorzální** směr je ve vztahu ke hřbetu nebo horní části těla zvířete. Často se používá k označení polohy jedné struktury těla vzhledem k jiné (tj. blíže ke hřbetu těla). Ledviny jsou dorzálně od střev.
9. **Ventrální** směr se vztahuje ke spodní části těla (břichu) zvířete a stejně jako u dorzálního směru se často používá k označení polohy jedné struktury vůči druhé. Střeva jsou ventrálně od ledvin.
10. **Mediální** je směr ke středu nebo centru těla; blíže k mediální nebo midsagitální rovině. Plíce se nacházejí mediálně od žebel.
11. **Laterální** je opačný směr než mediální (tj. směrem od mediální roviny). Žebra jsou laterálně od plic. Laterální rentgenový snímek (RTG) je snímek, při kterém je zvíře na boku a projekce je v sagitální rovině.
12. **Superficiální** se vztahuje k povrchu nebo ke struktuře, která se nachází v blízkosti povrchu. Kůže je superficiální vůči svalům.
13. **Hluboký** odkazuje na strukturu, která se nachází na hlubší úrovni ve vztahu k určitému referenčnímu bodu. Stehenní kost je hluboko vůči čtyřhlavému svalu stehennímu.
14. **Proximální** část končetiny, tepny nebo nervu znamená, že se nachází nejbližší středu těla nebo místu, odkud pochází. Stehenní kost je proximální vůči kopytu.
15. **Distální** znamená vzdálenější od středu těla. Kopyto je distálně od stehenní kosti.
16. **Palmární** označuje kaudálně orientovanou plochu přední končetiny distálně od karpu (kloub spojující vřetenní, loketní a záprstní kost). Jako dorzální strana se označuje její opačná kraniálně orientovaná strana.
17. **Plantární** označuje kaudálně orientovanou plochu zadní končetiny distálně od tarzu (označovaného také jako hlezno; kloub spojující tibii, fibulu a tarzální kosti). Dorzální strana označuje opačnou (kraniální) stranu.
18. **Pronační** poloha označuje polohu, kdy je hřbetní strana těla (vleže na břicho) nebo jakákoli končetina nahoře. Rentgenový snímek

z této polohy s projekcí na ventrální straně se označuje jako dorzálně-ventrální snímek.

19. Poloha **supinační** označuje polohu, kdy je ventrální strana těla nebo dlaňová či plantární strana končetiny nejvíce nahoře (vleže na zádech). Rentgenový snímek z této polohy s projekcí na dorzální straně se označuje jako ventrálně-dorzální snímek.

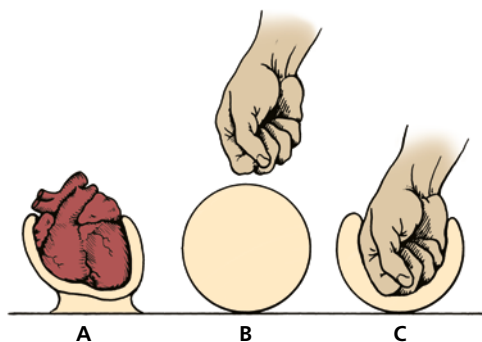
■ TĚLNÍ DUTINY

1. Jak se dělí ventrální tělní dutina?
2. Vysvětlete rozdíl mezi viscerální a parietální pleurou.
3. Co je to mediastinum?
4. Jaké struktury jsou v mediastinu uloženy?
5. Vysvětlete rozdíl mezi břišní a pánevní dutinou vzhledem ke strukturám, které se v nich nacházejí.
6. Co je to peritoneum (pobříšnice)?
7. Vysvětlete, co znamená omentum, mezenterium a ligamentum.

Na řezu v mediánní rovině by bylo možné vidět dvě hlavní tělní dutiny, dorzální a ventrální, přičemž každá z nich má své dílčí části. **Dorzální dutina** obsahuje mozek v **lebeční dutině** a míchu v **pátečním kanálu**. **Ventrální dutina** je rozdělena bránicí na **dutinu hrudní** uloženou kraniálně, **dutinu břišní** a **dutinu pánevní** (souhrnně označovanou jako **abdominopelvicá dutina**) uloženou kaudálně.

Dutina hrudní

Dutina hrudní (*cavum thoracis*) je rozdělena na dvě laterální komory. Každá komora je vystlána serózní blánou, **pleurou** a označuje se jako pleurální dutina. Pravá a levá plicе vyplňují příslušnou dutinu a jsou obaleny **viscerální pleurou** (poplicnice), která navazuje na **parietální pleuru** (*pleura mediastinalis*, *p. costalis* a *p. diaphragmatica*). Ke vzniku pleur dochází během embryonálního vývoje. Lze to přirovnat k zatlačení pěstí do částečně nafouknutého balonku, jak je znázorněno na **obrázku 1-14** na příkladu srdce. Prostor mezi oběma plicemi se nazývá **mezihrudí** nebo **mediastinum** (**obrázek 1-15**). Jedná se o prostor mezi dvěma pohrudničními dutinami.



OBRÁZEK 1-14 Invaginace serózní membrány za vzniku vnější (parietální) a vnitřní (viscerální) vrstvy (**A**). Vývoj probíhal podobně, jako když se pěst zatlačí do balonku (**B** a **C**). (Převzato a upraveno z Frandson RD, Wilke WL, Fails AD. *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. 7th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009.)

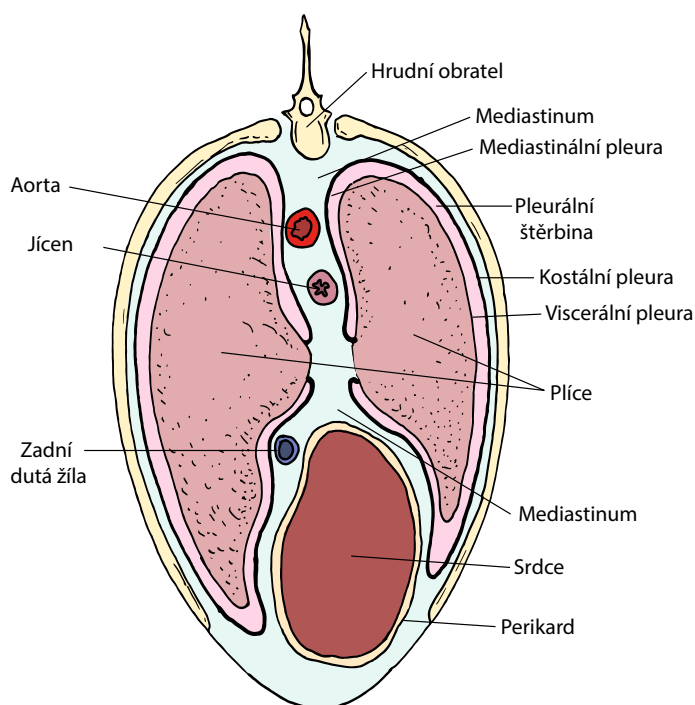
V mediastinu, které je laterálně připojené k *pleura mediastinalis*, je uloženo srdce, hrudní část jícnu, průdušnice, cévy a nervy. **Mediastinální pleury** jsou parietální pleury, které pokrývají obě strany přepážky mezi dvěma pleurálními dutinami. **Kostální pleura** (*pleura costalis*) lemuje stěny hrudníku. Obecně platí, že u všech domácích zvířat s výjimkou psa a koně odděluje mediastinum zcela pravou a levou pleurální dutinu.

Dutina břišní a pánevní

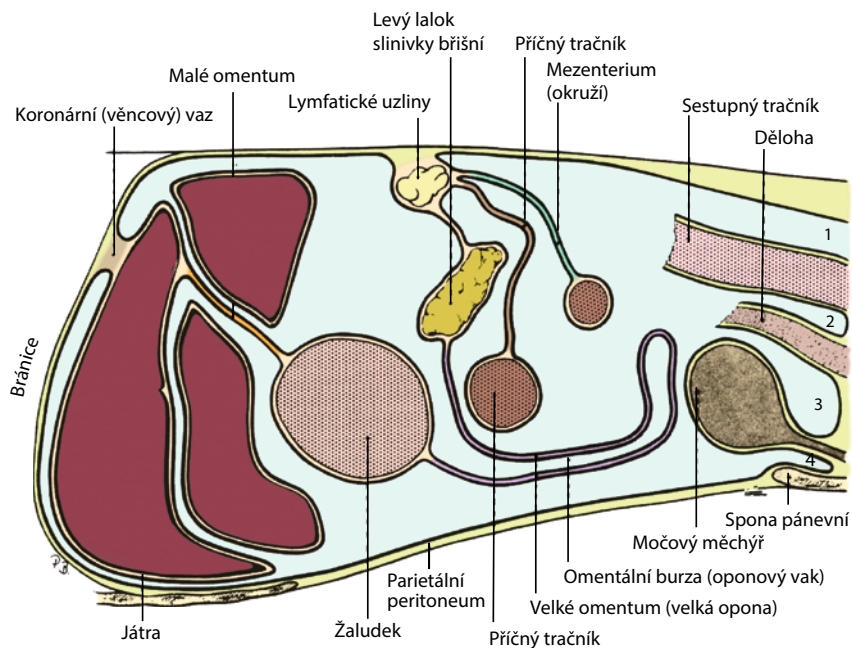
V dutině břišní jsou uloženy ledviny, většina trávicích orgánů a u obou pohlaví části vnitřních pohlavních orgánů. V pánevní dutině je uložen konečník (konečnou část trávicího traktu) a vnitřní části urogenitálního systému. V dutině břišní a pánevní se nachází také serózní blána podobná té, která obklopuje srdce a plicе, a nazývá se *peritoneum*.

Pobříšnice (*peritoneum*)

Pobříšnice vystýlá břišní dutinu a zasahuje do pánevní dutiny. Vývoj břišních orgánů začíná v subserózní poloze (mimo *peritoneum*), v blízkosti tělní stěny. Během vývoje se orgány



OBRÁZEK 1-15 Schéma příčného řezu hrudníkem koně. V mediastinálním prostoru jsou zobrazeny hrudní část jícnu, aorta, zadní dutá žíla a srdce.



OBRÁZEK 1-16 Schéma sagitálního řezu dutinou břišní zobrazující pobřišnici a její spojovací záhyby.

1. Pararektální (nadkonečnicková) jáma. **2.** Rektogenitální (konečnickopohlavní) výduť. **3.** Vezikogenitální (měchýřopohlavní) výduť. **4.** Pubovezikální (stydkoměchýřová) výduť.

zvětšují a migrují do břišní dutiny. Nesou před sebou peritoneum (introverze), a tak se vytvářejí záhyby, které orgány zavěšují na stěnu (obrázek 1-16). Spojovací záhyby se označují jako omenta, mezenteria a vazy. Obsahují různé množství pojivové tkáně, tuku a lymfatických žláz a zajišťují cestu pro cévy a nervy orgánů. **Omentum** je opona, která přechází ze žaludku do ostatních vnitřních orgánů (měkkých struktur). **Mezenterium** je okružní, které připojuje střevo k hřbetní stěně dutiny břišní. **Vazy** jsou úpony, které procházejí mezi vnitřnostmi, dalšími částmi trávicí trubice nebo je spojují s břišní stěnou. Koronární (věncový) vaz (viz obrázek 1-16) je list peritonea,

který prochází mezi bránicí a játry kolem kaudální duté žíly.

■ DOPORUČENÁ LITERATURA

- Cormack DH. Ham's Histology. 9th edn. Philadelphia, PA: JB Lippincott, 1987.
- Evans HE, deLahunta A. Guide to the Dissection of the Dog. 8th edn. St Louis, MO: Elsevier, 2017.
- Frandsen RD, Wilke WL, Fails AD. Anatomy and Physiology of Farm Animals. 7th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009.
- Nelson DL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry. 3rd edn. New York: Worth Publishers, 2000.



KONTROLNÍ OTÁZKY – KAPITOLA 1

BUŇKA, JEJÍ STRUKTURA A FUNKCE

- Golgiho aparát je zapojen do:
 - Rozmnožování buněk.
 - Tvorby energie.
 - Zabalení sloučenin pro transport.
 - Syntézy bílkovin.
- Endoplazmatické retikulum:
 - Je zcela odděleno od jádra.
 - Má agranulární části zapojené do syntézy bílkovin.
 - Má granulární části s přisedlými ribozomy zapojené do syntézy proteinů.
 - Má uvnitř tekutinu, která má stejné složení jako cytoplazma.
- Ve které z organel probíhá cyklus kyseliny citronové?
 - Mitochondrie.
 - Lysozomy.
 - Centrozom.
 - Endoplazmatické retikulum.

PRODUKCE ENERGIE

- Aerobní fáze tvorby energie z katabolizmu sacharidů, lipidů a bílkovin zahrnuje:
 - Acetyl-Co A.
 - NAD a FAD.
 - Cyklus kyseliny citronové.
 - Všechny výše uvedené možnosti.

- Elektronový transportní řetězec se nachází v:
 - Endoplazmatickém retikulu.
 - Mitochondriích.
 - Jádře.
 - Golgiho aparátu.
- V průběhu elektronového transportního řetězce:
 - ATP se syntetizuje z ADP (oxidativní fosforylace).
 - NADH a FADH₂ jsou oxidovány.
 - Spotřebovává se kyslík a vzniká metabolická voda.
 - Všechny výše uvedené možnosti.

FUNKCE DNA A RNA

- Chromozom je:
 - To samé jako gen.
 - Velká molekula DNA.
 - Velká molekula RNA.
 - Histonová část DNA.
- Ve které fázi mitózy dochází k rekonstrukci jaderné membrány?
 - Telofáze.
 - Profáze.
 - Anafáze.
 - Metafáze.

9. Mitóza:

- a. Je typ buněčného dělení, při kterém má každá buňka po skončení dělení haploidní počet chromozomů.
- b. Je dělení somatických buněk, při kterém dělení jader předchází dělení cytoplazmy.
- c. Je dělení pohlavních buněk (oocytů a spermií), při kterém má každá buňka po skončení dělení diploidní počet chromozomů.
- d. Končí anafází.

10. Sekvence bází na jednom vlákně DNA je TGCCAT. Jaká by byla sekvence bází jeho komplementárního vlákna v rámci dvoušroubovice DNA?

- a. ACGGTA.
- b. CATTGC.
- c. GTAACG.
- d. TGCCAT.

11. Během replikace DNA:

- a. Se dvoušroubovice nerozpletá a vedle ní se vytvoří nová dvoušroubovice.
- b. Je dvoušroubovice rozpletena a každý nukleotidový řetězec se označuje jako nový chromozom.
- c. Se dvoušroubovice rozplete a každý nukleotidový řetězec se spáruje s novým komplementárním vláknem, čímž vzniknou dva dvoušroubovicové chromozomy.
- d. Zdvojené spojené chromozomy se nazývají centromery.

12. Syntéza bílkovin:

- a. Probíhá v cytoplasmě a je zajišťována molekulami RNA.
- b. Probíhá v jádře a je zajišťována molekulami DNA.
- c. Probíhá v endoplazmatickém retikulu.
- d. Nesouvisí s DNA.

13. Při syntéze bílkovin:

- a. Na syntéze se podílí pouze jedna tRNA.
- b. tRNA je syntetizována v Golgiho aparátu v cytoplasmě.
- c. tRNA s připojenou aminokyselinou je transportována do jádra a syntéza probíhá v jádře.

- d. tRNA, specifické pro každou z 20 aminokyselin, se přesouvají do cytoplazmy, kde na sebe váží příslušné aminokyseliny a přenášejí je k mRNA, kde se podle odpovídajících kódů vytvoří specifická molekula bílkoviny.

EMBRYOLOGIE**14. Meióza:**

- a. Má stejný průběh jako mitóza, ale probíhá v pohlavních buňkách, tedy v oocytech a spermiích.
- b. Začíná po oplození oocyту spermií.
- c. Má za následek snížení počtu chromozomů na polovinu (haploidní nebo n) ještě v reprodukční soustavě samce a samice.
- d. Probíhá po oplození a během vzniku nového jedince.

15. Nervová soustava se vyvíjí ze zárodečné vrstvy, tzv:

- a. Ektodermu.
- b. Mezodermu.
- c. Endodermu.
- d. Hypodermu.

16. Coelom je předchůdcem:

- a. Kosterního, hladkého a srdečního svalu.
- b. Perikardiální dutiny, pleurální šterbiny, břišní a pánevní dutiny.
- c. Kůže a všech jejích derivátů.
- d. Placenty.

TKÁŇĚ**17. Epitelové tkáně jsou odvozené z:**

- a. Ektodermu.
- b. Endodermu.
- c. Mezodermu.
- d. a i b.

18. Epitel, který vypadá, že se skládá z mnoha vrstev, ale ve skutečnosti má pouze jednu vrstvu, se nazývá:

- a. Vrstevnatý dlaždicový.
- b. Přechodný.
- c. Jednovrstevný cylindrický.
- d. Pseudostratifikovaný (víceřadý) cylindrický.

19. Žlázy s buňkami, které ve své cytoplazmě hromadí sekreční produkty a poté odumírají a rozpadají se, se nazývají:

- a. Apokrinní žlázy.
- b. Merokrinní žlázy.
- c. Holokrinní žlázy.
- d. Peptidické žlázy.

20. Sliznice:

- a. Vystylají tělní dutiny a pokrývají povrchy souvisejících orgánů.
- b. Lemují duté orgány a dutiny, které jsou otevřené na povrch těla krytého kůží.
- c. Jsou zastoupeny pohrudnicí, osrdečníkem a pobřišnicí.
- d. a i c.

21. Tkáně, které vytvářejí mezibuněčnou hmotu (např. chrupavky a kosti), ukládají tuk a produkují různé krevní buňky, se nazývají:

- a. Pojivové tkáně.
- b. Epitelové tkáně.
- c. Nervové tkáně.
- d. Svalové tkáně.

22. Kolagenní neboli bílá vlákna a elastická neboli žlutá vlákna:

- a. Jsou mezibuněčnou hmotou produkovanou fibroblasty.
- b. Se nacházejí v řídkém kolagenním vazivu.
- c. Se nacházejí v hustém kolagenním vazivu.
- d. Všechno výše uvedené (a, b, c).

SMĚRY A ROVINY

23. Na hlavě znamená rostrální:

- a. Směrem k nosu.
- b. To samé jako dorzální.
- c. Směrem k ocasu.
- d. To samé jako kaudální.

24. Sagitální rovina je:

- a. Rovina, která rozděluje tělo na kraniální a kaudální část.
- b. Jakákoli rovina rovnoběžná se středovou rovinou.
- c. Rovina, která by rozdělila tělo na dorzální (hřbetní) a ventrální (břišní) segment.
- d. Zvlněná rovina.

25. Část končetiny, tepny nebo nervu, která je nejbližší středu těla nebo místu vzniku, se označuje jako:

- a. Proximální.
- b. Palmární.
- c. Distální.
- d. Povrchová.

26. Poloha, kdy je hřbetní strana těla nebo kterákoli končetina nejvíce nahoře, se nazývá:

- a. V poloze vleže.
- b. Horní.
- c. Pronační.
- d. Supinační.

TĚLNÍ DUTINY

27. *Mediastinum*:

- a. Se nachází v břišní dutině.
- b. Obsahuje srdce, hrudní část jícnu, průdušnici, cévy a nervy.
- c. Je ohraničeno peritoneem.
- d. Obsahuje plíce.

28. *Mezenterium* je okruží, které:

- a. Připevňuje střevo k hřbetní stěně dutiny břišní.
- b. Přechází ze žaludku do ostatních měkkých orgánů.
- c. Kromě částí trávicí trubice prochází mezi vnitřními orgány nebo je spojuje s břišní stěnou.
- d. Odděluje dutinu břišní od dutiny pánevní.

29. Serózní blána, která lemuje stěnu hrudní dutiny, je:

- a. Parietální pleura.
- b. Parietální *peritoneum*.
- c. Viscerální pleura.
- d. Viscerální *peritoneum*.

30. *Omentum* označuje peritoneální oponu:

- a. Přecházející ze žaludku do jiných měkkých orgánů.
- b. Procházející mezi vnitřními orgány kromě částí trávicí trubice.
- c. Který připojuje střevo k hřbetní stěně břišní dutiny.
- d. V hrudní dutině.



Voda v těle: Vlastnosti a funkce

PŘEHLED OBSAHU KAPITOLY

■ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI ROZTOKŮ

Difúze

Osmóza a osmotický tlak

Tonicita roztoků

Převody jednotek a měř

■ ROZDĚLENÍ VODY V TĚLE

Celková voda v těle a kompartmenty s tělními tekutinami

Intracelulární a extracelulární tělní tekutiny

Pohyb vody mezi kompartmenty s tělními tekutinami

■ VODNÍ BILANCE

Příjem vody

Ztráty vody

Potřeba vody

■ DEHYDRATACE, ŽÍŽEŇ A PŘÍJEM VODY

Dehydratace

Stimulace pocitu žízně

Úleva od žízně

■ ADAPTACE NA NEDOSTATEK VODY

Velbloudi

Ovce a osli

Voda je nejrozšířenější složkou tělních tekutin, tvoří asi 60 % celkové tělesné hmotnosti. Je rozpouštědlem mnoha chemických látek v těle a roztoky, které takto vznikají, jsou difúzním prostředím pro buňky těla. Díky svým fyzikálním vlastnostem je voda pro transport difúzi ideální. Má relativně vysoké měrné teplo, díky němuž je teplo z buněk absorbováno s minimálním zvýšením teploty. Voda také poskytuje mazivo nezbytné pro minimalizaci tření spojeného s prouděním tekutin, pohybem buněk a pohybem částí těla. Kromě těchto fyzikálních vlastností vody je pochopení fyzikálně-chemických vlastností vodných roztoků zásadní při posuzování mnoha fyziologických jevů, mezi které patří udržování velikosti buněk, funkce ledvin při tvorbě moči, transport dýchacích plynů, generování nervových vzruchů, dynamika krevních kapilár a mnoho dalších. Ve veterinární medicíně se znalosti o roztocích využívají při plánování léčebných režimů pro náhradu tekutin a ztráty elektrolytů.

■ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI ROZTOKŮ

1. Jak se usnadněná difúze liší od prosté difúze?
2. Které součásti buněčné membrány (bílkoviny nebo lipidy) umožňují difúzi látek rozpustných ve vodě? Které součásti jsou považovány za póry?
3. Jak se liší aktivní transport od usnadněné difúze?
4. Definujte osmózu.
5. Definujte polopropustnou membránu.
6. Definujte osmotický tlak a způsob jeho stanovení.
7. Jak se liší selektivně propustná membrána od semipermeabilní?
8. Jak se v souvislosti s tonicitou liší efektivní osmotický tlak roztoku od naměřeného osmotického tlaku?
9. Jaký je rozdíl mezi hemoglobinemií a hemoglobinurií?

Pochopení fyzikálně-chemických vlastností roztoků lze považovat za stejně důležité pro studium fyziologie jako znalost anatomie. S těmito vlastnostmi se setkáme při studiu většiny následujících systémů. Úspěšná náhrada tekutin

a korekce jejich nedostatku u živých zvířat dále vyžaduje pochopení složení roztoků a efektu jejich podávání. Když se H. F. Weisberg zabýval tímto tématem, zjevně chápal jeho základní důležitost, protože citoval následující biblický verš (Příslaví 4,7): „Moudrost je hlavní věc, proto získkej moudrost; a se vším, co získáš, získkej porozumění.“ Právě v tomto kontextu jsou předestřeny základní principy fyzikálně-chemických vlastností roztoků s důrazem na porozumění.

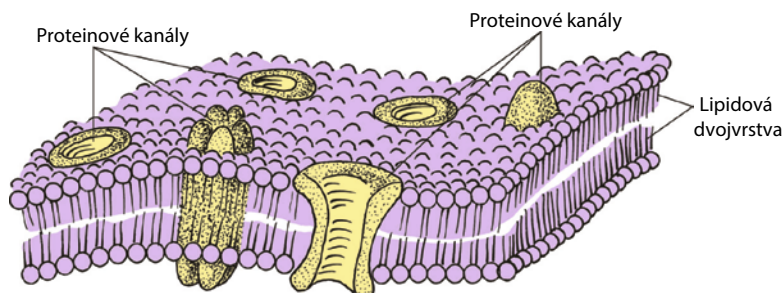
Difúze

Prostá difúze znamená náhodný pohyb molekul, iontů a suspendovaných koloidních částic pod vlivem **Brownova (tepelného) pohybu**. Brownův pohyb je možné pozorovat, když světlo prochází vzduchem a prachové částice se pohybují náhodným pohybem. Pohyb prachových částic je způsoben jejich srážkami s molekulami vzduchu. Ke stejnému náhodnému pohybu jako dochází mezi vzduchem a prachem dochází mezi dvěma různými kovy umístěnými vedle sebe.

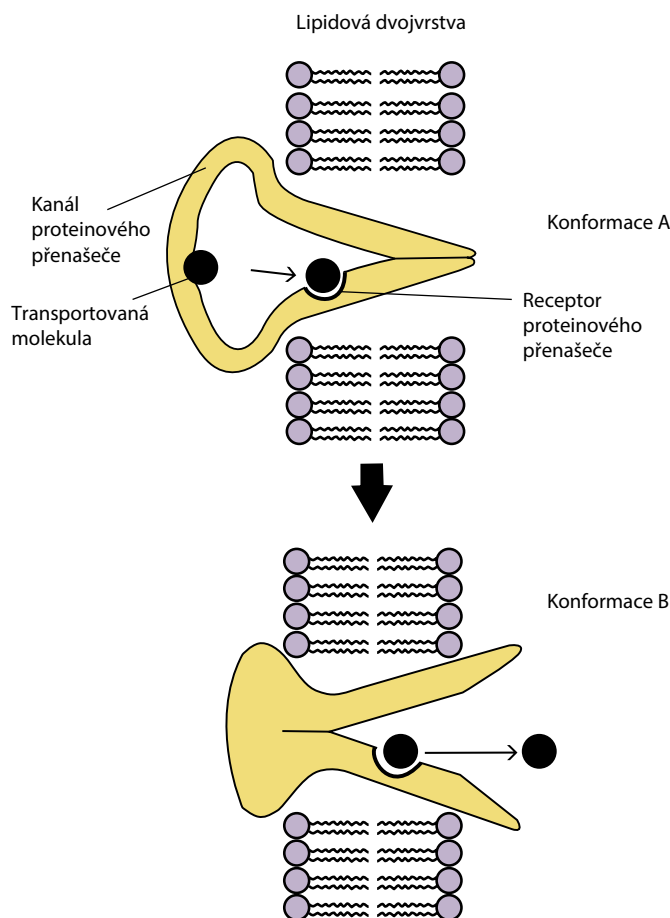
Časem se oba kovy navzájem spojí. Stále se jedná o prostou difúzi. Pokud existuje **koncentrační gradient** (rozdíl), mají molekuly, ionty a koloidní částice tendenci pohybovat se z oblasti s vyšší koncentrací do oblasti s nižší koncentrací „z kopce“ (koncentrační spád). Tento pohyb je specifický pro každou dílčí látku (tj. Na^+ bude difundovat z oblasti své vyšší koncentrace do oblasti své nižší koncentrace bez ohledu na tlak a koncentraci ostatních dílčích koncentrací látek). Pokud jsou molekuly a ionty rozptýle-

ny rovnoměrně, pohybují se stále náhodně, ale nedochází k rovnoměrnému pohybu nebo proudění, což představuje stav rovnováhy. K prosté difúzi tudíž není zapotřebí energie.

Překážkou difúze jsou obecně buněčné membrány. Ty se skládají z lipidové dvojvrstvy, což je tenká vrstva lipidů o tloušťce pouhých dvou molekul, přes kterou mohou snadno difundovat látky rozpustné v tucích (zejména oxid uhličitý a kyslík) (obrázek 2-1). Jiné látky mohou být transportovány **usnadněnou difúzí** (obrázek 2-2), ke které je nutný přenašeč. Usnadněná difúze látky však stále probíhá z oblasti její vyšší koncentrace do oblasti její nižší koncentrace a stejně jako při jednoduché difúzi není zapotřebí jiné energie. Protože buněčné membrány jsou převážně lipidové, jsou relativně hydrofobní (odpuzují vodu) a difúze vody lipidovou dvojvrstvou probíhá obtížně. Voda však může difundovat přes membránu proteinovými kanály. **Proteinové kanály** (obrázek 2-1) se skládají z velkých molekul bílkovin zanořených v lipidové vrstvě a vytváří cesty (**póry**) nejen pro vodu, ale také pro látky rozpustné ve vodě. Některé molekuly nemohou difundovat kanály kvůli své velké velikosti; naopak difúze může být usnadněna díky jiným faktorům, jako je menší velikost molekuly, elektrický náboj (např. záporný náboj porů napomáhá difúzi Na^+) nebo specifčnost proteinového kanálu (např. specifické iontové kanály). Jiné proteinové kanály fungují jako přenašeče pro transport látek v opačném směru než ve směru koncentračního spádu. Tento proces se nazývá **aktivní transport**. Zatímco transport glukózy do většiny buněk v těle se uskutečňuje



OBRÁZEK 2-1 Struktura buněčné membrány. Lipidovou dvojvrstvu tvoří tenká vrstva lipidů o tloušťce dvou molekul. Bílkovinné kanály (póry) mohou být tvořeny jediným proteinem nebo skupinou proteinů. Kanály mohou být specifické pro určité látky nebo mohou být restriktivní z důvodu velikosti. Bílkovinnými kanály difunduje prakticky veškerá voda.



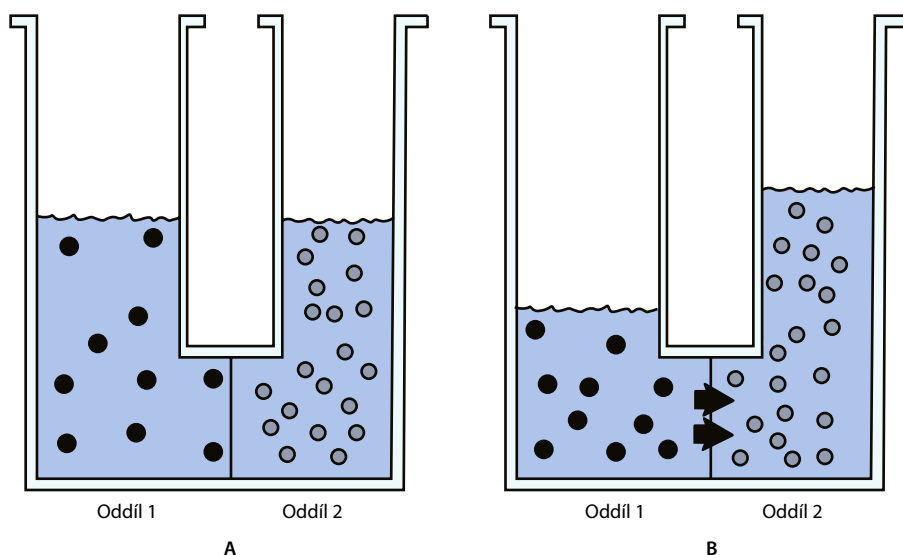
OBRÁZEK 2-2 Předpokládaný mechanismus usnadněné difúze. **A.** Transportovaná molekula vstupuje do proteinového kanálu a váže se na receptor ve vazebném místě. **B.** Následně po navázání na proteinový kanál dojde ke konformační změně proteinového kanálu, která otevře kanál na opačné straně, a transportovaná molekula se uvolní, čímž se proteinový kanál vrátí do původní konformace.

usnadněnou difúzí, výjimkou je její transport v lumenu ledvinových kanálků a střeva, kde se uplatňuje aktivní transport. V těchto místech je glukóza transportována z lumenu, kde může být její koncentrace nepatrná, do krve, kde je její koncentrace vysoká. Díky aktivnímu transportu nedochází ke ztrátě glukózy z těla. Aktivní transport vyžaduje nejen nosič, ale také energii.

Osmóza a osmotický tlak

Nejrozšířenější látkou v těle, která podléhá difúzi, je voda. Difúze vody probíhá v celém těle poměrně snadno. Množství vody difundující do buněk

je obvykle vyváжено stejným množstvím vody difundující ven. **Osmóza** je proces difúze vody přes polopropustnou membránu z roztoku s vyšším obsahem vody do roztoku s nižším obsahem vody. Polopropustná membrána je taková, která je propustná (umožňuje průchod) pro vodu, ale ne pro rozpuštěné látky. Při porovnávání koncentrací roztoků platí, že roztok s nejvyšším obsahem vody má nejnižší koncentraci rozpuštěných látek. Situace, kdy může probíhat osmóza, je znázorněna na obrázku 2-3, kde jsou dvě různé koncentrace roztoků odděleny polopropustnou membránou. Voda difunduje z oddílu (komory) s vyšším obsahem vody, tedy z oddílu 1, do oddílu 2 s nižším obsahem vody. Kvanti-



OBRÁZEK 2-3 Osmóza. **A.** Stav před osmózou. Stejné objemy vodných roztoků (rozpuštěné látky jsou znázorněny černými kolečky a světlými kroužky) jsou umístěny v oddílech (komorách), které jsou odděleny membránou propustnou pro vodu, ale ne pro rozpuštěné látky (semipermeabilní membrána). Vodný roztok v oddíle 1 má vyšší obsah vody (nižší koncentraci rozpuštěných látek). **B.** Během osmózy. Dochází k osmóze (difúzi vody) z oddílu 1 do oddílu 2 (z místa s vyšším obsahem vody – nižší koncentraci roztoku do místa s nižším obsahem vody – vyšší koncentrace roztoku) a hladina vody v oddílu 2 stoupá.

tativním měřítkem tendence vody k osmóze je osmotický tlak. Ve výše uvedeném příkladu je to tlak směrem dolů, který by musel působit na oddíl s nižším obsahem vody (oddíl 2), aby se zabránilo toku vody z oddílu s vyšším obsahem vody (oddíl 1). V těle živočichů je osmotický tlak potenciálním tlakem, protože osmóze není možné zabránit, pokud existuje nerovnováha v obsahu vody (v koncentraci roztoků). Počet **částic v roztoku** (tj. iontů, molekul) určuje jeho osmotický tlak; čím větší je počet částic, tím vyšší je osmotický tlak. U dvou vodných roztoků NaCl oddělených membránou, která umožňuje difúzi vody, ale ne NaCl, je vyšší osmotický tlak roztoku, který má vyšší koncentraci NaCl (nižší obsah vody). Voda bude difundovat do oblasti vyššího osmotického tlaku.

Osmolalita se používá k vyjádření osmotické síly roztoků (např. moči, plazmy, NaCl). Jeden mol nedisociované (neionizované) látky se rovná 1 **osmolu (Osm)**. Pokud látka disociuje na dva ionty ($\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$), 0,5 molu látky se rovná 1 osmolu. Osmotický tlak určuje počet částic, nikoli hmotnost rozpuštěné látky. Roztok

glukózy o koncentraci 0,3 mol/kg glukózy (která nedisociuje) obsahuje 300 mOsm (0,3 Osm) glukózy a tento roztok má stejný osmotický tlak jako roztok, který obsahuje 0,15 mol/kg NaCl, tedy 300 mOsm NaCl. Podobně osmolalita vzorku moči (mnoho dílčích sloučenin, disociovaných i nedisociovaných), která obsahuje 300 miliosmolů má osmotický tlak jako uvedené roztoky glukózy a NaCl. (*Molalita roztoku se vyjadřuje v mol/kg rozpouštědla, zatímco molarita v mol/l rozpouštědla; obdobně osmolalita je uváděna v Osm/kg a osmolarita v Osm/l rozpouštědla; osmolalita/osmolarita je rovna součinu molality/molarity a počtu částic na který disociuje jedna molekula sloučeniny v rozpouštědle – pozn. překladatele.*)

Srovnání osmotického tlaku pro několik roztoků je uvedeno v tabulce 2-1. Hodnoty byly stanoveny pomocí osmometru a udávají **osmolalitu (mOsm/kg H_2O)** příslušného roztoku. Osmometr je přístroj pro měření osmolality pomocí techniky snižování bodu tuhnutí nebo snižování tlaku páry (koligativní vlastnosti – vlastnosti, které závisí pouze koncentraci látky,

TABULKA 2-1 Osmolalita několika roztoků stanovená metodou parní osmometrie*

TEKUTINA	OSMOLALITA ROZTOKU (mOsm/kg H ₂ O)
Hovězí plazma	302
Hovězí moč	1 031
Kravné mléko (odstředěné)	272
Plazma psa	312
Moč psa	1 904
Vodovodní H ₂ O	58

* Hodnoty získané při studentských laboratorních cvičeních.

nikoliv na velikosti molekuly nebo náboji; pozn překladaatele). Získané hodnoty platí pro difúzi přes polopropustné membrány. Všimněte si, že moč skotu má 3,3krát vyšší osmotický tlak než plazma (obsah vody je nižší, koncentrace rozpuštěných látek vyšší než v plazmě skotu). Psí moč má osmotický tlak 6,1krát vyšší než psí plazma. Moč se tvoří z plazmy a psí moč mají lepší schopnost tvořit koncentrovanou moč než skot.

Tonicita roztoků

Membrány v těle mají různou propustnost a umožňují difúzi některých rozpuštěných látek (a také vody). Označujeme je jako **selektivně propustné membrány**. Naměřený osmotický tlak pro roztok obsahující rozpuštěné látky, které mohou difundovat přes membrány, pak není ukazatelem jeho tendence vyvolávat osmózu. Místo toho se definuje **tonus roztoku (tonicita)**, který je **efektivním osmotickým tlakem**. K tonicitě přispívají pouze ty částice (molekuly, ionty), pro které není membrána propustná. Principy osmózy zůstávají zachovány, jen s tím rozdílem, že v tomto případě voda difunduje do místa s nejvyšším účinným osmotickým tlakem. *Obrázek 2-4* ilustruje tonicitu roztoků. Dva roztoky o stejných objemech a počtech částic jsou znázorněny oddělené membránou, která umožňuje průchod vody a částic v oddíle 2. Každý roztok má stejný naměřený osmotický tlak (stejná koncentrace částic). Protože v oddíle 1 jsou částice, které nemohou difundovat přes membránu, jsou to právě tyto částice, které přispívají k efektivnímu osmotickému tlaku. Protože roztok v oddíle 2

nemá žádný efektivní osmotický tlak (jeho částice mohou difundovat), voda difunduje do místa vyššího efektivního osmotického tlaku, tedy z oddílu 2 do oddílu 1. V tomto příkladu se čistá difúze vody zastaví, když tlak vyvolaný hmotností roztoku v oddílu 2 zabrání difúzi vyplývající z efektivního osmotického tlaku v oddílu 1.

Z praktického hlediska se tonicita roztoku, který lze vpravit do krve zvířat, obvykle porovnává s roztokem uvnitř červených krvinek (erytrocytů). Roztok erytrocytů je v osmotické rovnováze s plazmou (tekutinou částí krve). Infuzní roztok je **hypotonický**, pokud má nižší efektivní osmotický tlak než tekutina uvnitř erytrocytů, a **hypertonický**, pokud má roztok vyšší efektivní osmotický tlak než má tekutina uvnitř erytrocytů.

Na *obrázku 2-5* je znázorněn efekt roztoků s různou tonicitou na erytrocyty. Erytrocyt umístěný do roztoku A se zvětšuje.

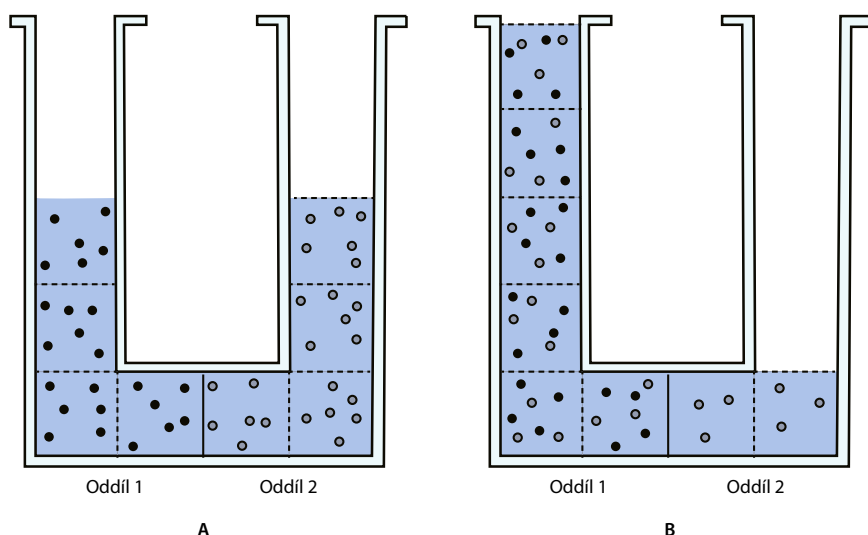
Tento roztok musí mít nižší efektivní osmotický tlak než má tekutina uvnitř erytrocytu (voda difunduje směrem do prostředí s vyšším efektivním osmotickým tlakem) a je vůči plazmě hypotonický. V roztoku B nedochází ke změně velikosti erytrocytů. Roztok v kádince a v erytrocytu musí mít stejný efektivní osmotický tlak a roztok v kádince se označuje jako **izotonický** vůči plazmě. Erytrocyt v roztoku C se zmenšuje, což znamená, že voda uniká z erytrocytu do roztoku v kádince. V tomto případě se vyšší efektivní osmotický tlak nachází v roztoku C (voda difunduje směrem do prostředí s vyšším efektivním osmotickým tlakem). Ztráta vody z erytrocytů způsobená hypertonicitami roztoků způsobuje, že buňky mají zvrásněný vzhled a jsou **svraštělé**.

V *tabulce 2-2* jsou uvedeny výsledky laboratorního cvičení, při kterém byly erytrocyty

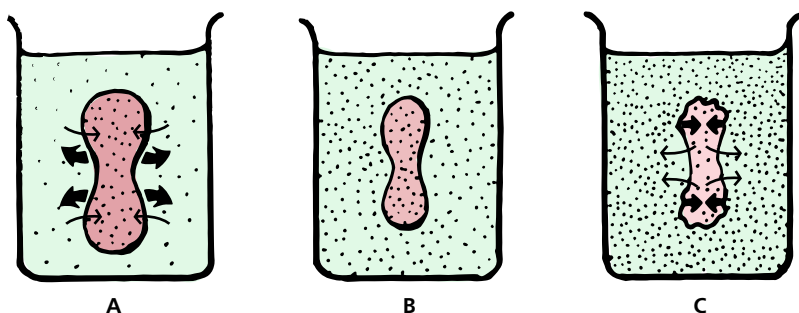
TABULKA 2-2 Objemové změny erytrocytů psa vystavených roztoku NaCl o různé tonicitě*

KONCENTRACE ROZTOKU		ZMĚNA OBJEMU
MOLARITA	PROCENTO	PROCENTO
0,3	1,76	-16,7
0,167	0,977	0,0
0,15	0,877	+2,0
0,10	0,585	+16,7

* Hodnoty získané při studentských laboratorních cvičeních.



OBRÁZEK 2-4 Hypotetický příklad tonicity roztoku. **A.** Před osmózou. Dva vodné roztoky (rozpuštěné látky jsou znázorněny černými kolečky a světlými kroužky) o stejném osmotickém tlaku jsou odděleny membránou propustnou pro vodu a rozpuštěné látky znázorněné světlými kroužky (selektivně propustná membrána). **B.** Během osmózy. Efektivní osmotický tlak je vyvíjen pouze černými kolečky znázorněnými rozpuštěnými látkami a voda difunduje z oddílu 2 do oddílu 1. V rovnovážném stavu má roztok novou, nižší koncentraci, která je stejná v obou oddílech 1 a 2. (Přerušované čáry znázorňují oddíly o stejném objemu.)



OBRÁZEK 2-5 Vliv tonicity roztoku na objem erytrocytů (červené krvinky). **A.** Roztok je hypotonický a erytrocyt se rozpíná. **B.** Roztok je izotonický a nedochází ke změně velikosti erytrocytů. **C.** Roztok je hypertonický a erytrocyt se zmenšuje. Tlusté šipky ukazují směr změny objemu buněk. Tenké šipky označují směr difúze vody.

psa umístěny do různých koncentrací roztoků NaCl. Roztok NaCl o koncentraci 0,167 mol/l (0,977 %) byl pro erytrocyty tohoto psa izotonický (erytrocyty nezměnily objem). Roztoky 0,15 mol/l (0,877 %) i 0,10 mol/l (0,585 %) byly hypotonické (erytrocyty zvětšovaly objem), zatímco roztok 0,3 mol/l (1,76 %) byl viditelně hypertonický (erytrocyty zmenšily svůj objem).

Erytrocyty se liší svou schopností odolávat **hemolýze** (prasknutí erytrocytů s uvolněním

hemoglobinu). Starší erytrocyty jsou křehčí a v roztocích se sníženou tonicitou hemolyzují jako první. Křehkost erytrocytů může být také zvýšena některými chorobnými stavy nebo působením toxinů a léků. Stupeň křehkosti lze určit pomocí **testu osmotické rezistence**. Krev zvířete se umístí do roztoků NaCl o klesajících koncentracích. Pro každý roztok se stanoví procento hemolýzy ve srovnání s roztokem, u kterého by nastala 100% hemolýza. Výsledky testu

TABULKA 2-3 Osmotická rezistence erytrocytů psa a kozy*

KLESAJÍCÍ KONCENTRACE	PES	KOZA
PROCENTO ROZTOKU NaCl	PROCENTO HEMOLÝZY	PROCENTO HEMOLÝZY
0,85	0,0	0,0
0,75	0,6	2,1
0,65	0,7	88,0
0,60	1,7	93,6
0,55	14,0	97,7
0,50	67,4	97,7
0,45	94,4	97,7
0,40	95,7	100,0
0,35	100,0	100,0
0,30	100,0	100,0

* Hodnoty získané při studentských laboratorních cvičeních.

osmotické rezistence zdravého psa jsou uvedeny v tabulce 2-3 a jsou porovnány s výsledky zdravé kozy. Je zřejmé, že kozi erytrocyty jsou méně odolné vůči hemolýze než psi erytrocyty, pokud jsou přeneseny do roztoků se zvyšující se hypotonicitou. Zatímco psi erytrocyty mají vzhled bikonkávních disků, kozi erytrocyty jsou spíše kulovité. Proto je jejich expanzní potenciál minimální a k hemolýze dochází dříve.

Roztoky, které způsobují zvětšení erytrocytů, mohou být natolik hypotonické, že způsobí hemolýzu erytrocytů. Hemoglobin erytrocytů (který má červenou barvu) způsobuje změny barvy roztoku. Plazma zvířete, u kterého došlo k hemolýze, je v závislosti na rozsahu hemolýzy více či méně červená (plazma je obvykle světle žlutá až bezbarvá). Pokud k tomu dojde, označuje se tento stav jako **hemoglobinemie**. Někdy dojde k hemolýze v takovém rozsahu, že se hemoglobin dostane do ledvinových tubulů a objeví se v moči. Při tomto stavu, který se nazývá **hemoglobinurie**, má moč červenou barvu.

Převody jednotek a měř

Složení a síla roztoku se vyjadřuje různě, v molech, osmolech a ekvivalentech a každá z těchto jednotek se odvíjí od hmotnosti v gramech, z níž lze odvodit. Tyto jednotky jsou ve vzájemném vztahu

a převody mezi nimi musí probíhat podle postupů znázorněných na obrázku 2-6.

Při přípravě infuzních roztoků nebo při interpretaci obsahu látky uvedeném na etiketách komerčně připravených roztoků se často objevují otázky uvedené níže.

Tyto příklady zlepší vaše znalosti a dovednosti týkající se fyzikálně-chemických vlastností roztoků.

Otázka 1: Kolik gramů glukózy je třeba na přípravu 1 l 5% roztoku?

Odpověď

Krok 1: Procento roztoku = koncentrace rozpuštěné látky v gramech na 100 ml vodného roztoku. 5% roztok glukózy obsahuje 5 g na 100 ml.

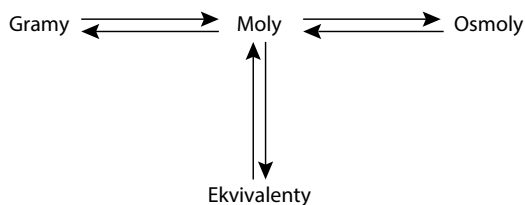
Krok 2: Protože je zapotřebí jeden litr (1 000 ml), množství glukózy bude činit $(5 \text{ g} \times 1000) : 100 = 50 \text{ g}$.

Otázka 2: Jaká je molalita (M) roztoku NaCl, který obsahuje 8,775 g na 1 kg?

Odpověď:

Krok 1: Molalita = g na kg : molekulová hmotnost (MW).

Krok 2: Molekulová hmotnost NaCl = 58,5; molalita = $8,775 : 58,5 = 0,15 \text{ mol/kg}$.



OBRÁZEK 2-6 Vztahy pro vzájemné převody gramů, molů, osmolů a ekvivalentů (ekvivalenty se vyjadřuje normalita roztoku, která se v současné době nepoužívá – pozn. překladatele). (Převzato a upraveno z Reece WO. Physicochemical properties of solutions. In: Reece WO, ed. Dukes' Physiology of Domestic Animals. 13th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2015.)

Otázka 3: Jaká je osmolalita 0,1 mol/kg roztoku CaCl_2 ?

Odpověď:

Krok 1: Osmolalita je měřítkem osmotického tlaku a je určena počtem částic.

Krok 2: Molekula CaCl_2 bude v roztoku disociovat ve tři částice (jednu Ca^{2+} a dvě Cl^-).

Krok 3: Osmolalita (pro molekuly, které v roztoku disociují) = počet iontů z jedné molekuly $\times$ molalita = $3 \times 0,1 = 0,3 \text{ Osm} = 300 \text{ mOsm}$ (miliosmol).

Otázka 4: Kolik gramů je potřeba na přípravu 1 l roztoku NaCl o koncentraci 300 mOsm?

Odpověď:

Krok 1: $300 \text{ mOsm NaCl} = 150 \text{ mmol/kg}$

$\text{NaCl} = 0,15 \text{ mol/kg NaCl}$.

Krok 2: $\text{g/kg} = \text{molalita} \times \text{MW} = 0,15 \times 58,5 = 8,775 \text{ g}$.

Otázka 5: Kolik ekvivalentů (mEq/l) Na^+ a Cl^- obsahuje roztok NaCl o koncentraci 0,15 mol/kg?

Odpověď:

Krok 1: NaCl je monovalentní molekula.

Krok 2: Ekvivalent pro každý iont = 1 (valence) $\times$ molalita = $0,15 \text{ Eq Na}^+$ a $0,15 \text{ Eq Cl}^- = 150 \text{ mEq Na}^+ + 150 \text{ mEq Cl}^-$.

Otázka 6: Kolik ekvivalentů (mEq/l) Ca^{2+} a Cl^- obsahuje roztok CaCl_2 o koncentraci 0,1 mol/l?

Odpověď:

Krok 1: CaCl_2 je dvojmocná molekula.

Krok 2: Eq pro každý iont = 2 (valence) $\times$ molalita = $2 \times 0,1 = 0,2 \text{ Eq Ca}^{2+}$ a $0,2 \text{ Eq Cl}^- = 200 \text{ mEq Ca}^{2+}$ a 200 mEq Cl^- .

Otázka 7: Jaká je osmolalita (mOsm/kg) roztoku CaCl_2 označeného tak, že obsahuje 200 mEq Ca^{2+} a 200 mEq Cl^- ?

Odpověď:

Krok 1: Převeďte miliekvivalenty na milimoly (mEq/valence) = $200/2 = 100 \text{ mmol/kg CaCl}_2$.

Krok 2: Převod mmol/kg na mosmol = $100 \text{ mmol/kg} \times \text{počet atomů v molekule (částic)} = 100 \times 3 = 300 \text{ mOsm}$.

■ ROZDĚLENÍ VODY V TĚLE

1. Jak se od sebe liší voda a tekutina?
2. Kolik procent tělesné hmotnosti tvoří voda?
3. Jaké jsou dvě hlavní složky vody v těle a kolik procent tělesné hmotnosti tvoří každá z nich?
4. Definujte intersticiální tekutinu. Jaký prostor zaujímá?
5. Jaká látka dává intersticiální vodě vlastnosti gelu?
6. Jsou intravaskulární tekutina a plazma synonyma? Proč by měl mít objem plazmy větší hodnotu než voda v plazmě?

Celková voda v těle a kompartmenty s tělními tekutinami

Pojmy „voda“ a „tekutina“ jsou téměř totožné, ale liší se v tom, že tekutina, která se nachází v těle, obsahuje nejen vodu, ale také rozpuštěné látky. Měření objemu jednoho prostoru s tělní tekutinou – kompartmentu, obvykle zahrnuje celý prostor, který zaujímá voda a rozpuštěné látky. Například krevní plazma je tekutina, ale její objem je o něco větší než prostor, který zaujímá voda, kterou obsahuje. Pro praktické účely se kompartmenty označují jako **kompartmenty s tělními tekutinami**, protože se obvykle měří objem tekutiny, nikoli objem vody.

Celková voda v těle (TBW – total body water) je součet vody obsažené v těle zvířete v intracelulárním a extracelulárním kompartmentu. Extracelulární kompartment lze dále rozdělit na intersticiální (mezibuněčný), intravaskulární (uvnitř cév) a transcelulární kompartment (např. mozkomíšní mok, trávicí šťávy, kloubní tekutina, viz níže).

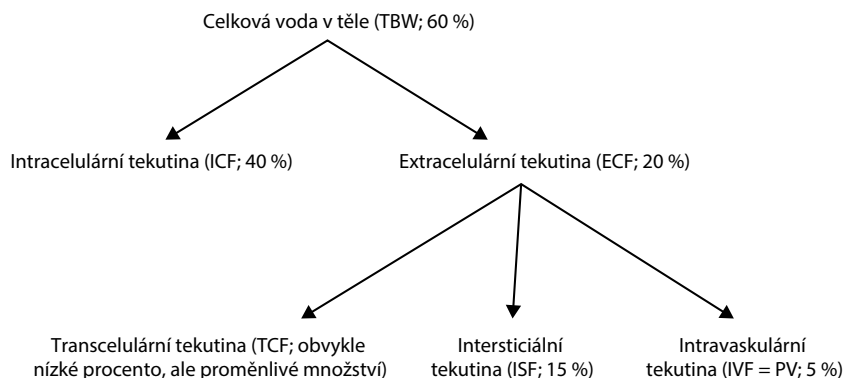
TBW je variabilní a závisí především na množství tuku v těle. Tuková tkáň je výjimečná svým nízkým obsahem vody (10 % nebo méně), proto bude celkový obsah vody u tučného zvířete nižší než u méně tučného zvířete. U vyhublého skotu tvoří voda přibližně 70 % tělesné hmot-

nosti, zatímco u velmi tučných zvířat může TBW tvořit pouze 40 %. Průměrné zvíře (ani tučné, ani vyhublé) má objem vody přibližně odpovídající 60 % jeho tělesné hmotnosti.

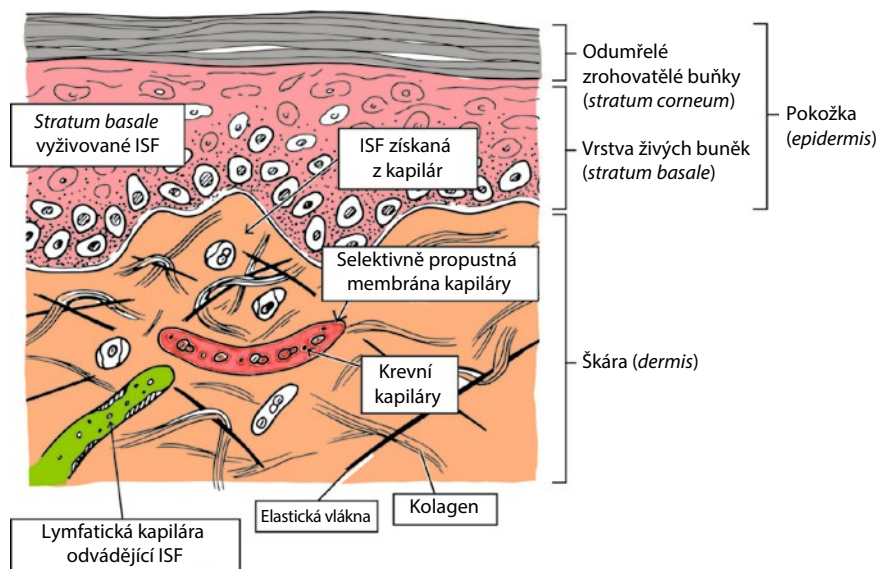
Intracelulární a extracelulární tělní tekutiny

Přibližně dvě třetiny tělesné vody se nacházejí uvnitř buněk, což je **nitrobuněčná tekutina (ICF – intracellular fluid)**. Množství ICF

v procentech tělesné hmotnosti jsou průměrné hodnoty a mohou se měnit. Veškerá voda, která se nenachází v buňkách, je považována za **extracelulární tekutinu (ECF – extracellular fluid)** neboli mimobuněčnou tekutinu. Patří sem **intersticiální tekutina (ISF – interstitial fluid)**, **intravaskulární tekutina (IVF – intravascular fluid)** a **transcelulární tekutina (TCF – transcellular fluid)**. Intravaskulární tekutina se nejčastěji označuje jako **objem plazmy (PV – plasma volume)**. Přibližně 92 % plazmy je voda a zbývajících 8 % tvoří převážně bílkoviny. Rozdělení



OBRÁZEK 2-7 Celková voda v těle a její rozdělení mezi jednotlivé kompartmenty.



OBRÁZEK 2-8 Schematické znázornění svrchní části kůže prasete s intersticiálním prostorem, tedy prostorem mimo kapiláry a buňky. Tekutina v intersticiálním prostoru je tkáňový mok (intersticiální tekutina, ISF). Obsah kyseliny hyaluronové dodává ISF vlastnosti gelu. Abnormální zvýšení ISF v dermis se projevuje stavem známým jako edém.

TBW mezi jednotlivé kompartmenty je znázorněno na *obrázku 2-7*.

Intersticiální tekutina (tkáňový mok) je tekutina mimo kapiláry, která bezprostředně obklopuje buňky. Je to prostředí buněk. Zaujímá mezibuněčný prostor (nazývaný také **intersticiální prostor, intersticiium**) spolu s řadou **mezibuněčných látek** (např. kolagen a elastická vlákna, fibroblasty a plazmatické buňky a žírné buňky). Je důležité získat představu o lokalizaci intersticia (*obrázek 2-8*) vzhledem ke krevním kapilárám a tělním buňkám, zejména proto, že souvisí se vznikem edémů (viz kapitola 9).

Kromě elastických a kolagenních vláken intercelulární složky je přítomna **amorfní** (bez definované formy nebo tvaru) **složka**, jejíž hlavní součástí je **kyselina hyaluronová**. Kyselina hyaluronová je vysoce hydratovaný gel, který v sobě zadržuje tkáňový mok. Díky gelové formě tekutina nestéká a nehromadí se v nižších částech těla; tekutina nestéká ani z řezné rány.

Transcelulární tekutina je tekutina, která se nachází v tělních dutinách. Patří sem nitrooční tekutina, mozkomíšní mok, synoviální tekutina, žluč a tekutiny trávicího traktu. Nejvíce TCF je v trávicím traktu a její množství je největší u přežvýkavců díky oddílům předžaludků spojených s fermentací potravy.

Pohyb vody mezi kompartmenty s tělními tekutinami

Molekuly vody mohou rychle pronikat přes většinu buněčných membrán. Pokud mezi jednotlivými oddíly tělesných tekutin existuje osmotický nebo hydrostatický tlakový gradient, dochází k pohybu vody. Pokud se nejedná o výrazný hydrostatický tlak, výsledkem pohybu vody bude vyrovnání osmolality mezi jednotlivými kompartmenty.

Po nitrožilní infuzi vody by došlo ke snížení osmolality všech kompartmentů. K tomu by došlo při intravaskulární infuzi jakéhokoliv hypotonického roztoku, který má nižší efektivní osmotický tlak než ICF. Voda by difundovala do buněk a způsobila by nadměrnou hydrataci buněk. Infuze velkého objemu by pak vedla k narušení normálních metabolických funkcí

a ke stavu nadměrné hydratace, který se nazývá **intoxikace vodou**.

Naopak infuze izotonického roztoku by se rovnoměrně rozdělila do extracelulárního a intracelulárního kompartmentu, protože by neexistovaly žádné rozdíly v osmolalitě. Po infuzi hypertonického roztoku by byl v extracelulárním kompartmentu vyšší efektivní osmotický tlak než v intracelulárním kompartmentu a voda by difundovala z buněk do extracelulárního kompartmentu. Infuze hypertonického roztoku může být využita při léčbě poranění hlavy, aby se snížil otok (objem), který poranění hlavy často doprovází.

■ VODNÍ BILANCE

1. Co se rozumí obratem vody?
2. Z čeho se odvozuje metabolická voda? Proč se z 5 g tuku získá více metabolické vody než z 5 g bílkovin nebo sacharidů?
3. Jaké jsou příklady *perspiratio insensibilis* (insenzibilní ztráta vody)?
4. Proč jsou nadměrné ztráty vody (např. průjem) kritičtější u mladých zvířat než u dospělých jedinců stejného druhu?

U každého zvířete zůstává obsah vody v těle z jednoho dne na druhý relativně konstantní a dochází k rovnováze mezi získkem a ztrátou. Obrat vody je takové množství vody, které zvíře získá, aby vyrovnalo její ztrátu. Typické hodnoty pro krávy v laktaci a mimo laktaci při průměrných podmínkách prostředí jsou uvedeny v *tabulce 2-4*. Obrat vody u nelaktující krávy je 29 l/den a u laktující krávy 56 l/den. Příjem

TABULKA 2-4 Denní vodní bilance holštýnských krav konzumujících luštěninové seno (hodnoty v litrech)

	BILANCE	NELAKTUJÍCÍ	LAKTATUJÍCÍ
Příjem	Pitná voda	26	51
	Voda v potravě	1	2
	Metabolická voda	2	3
	Celkem	29	56
Výdej	Výkaly	12	19
	Moč	7	11
	Výpar	10	14
	Mléko	0	12
	Celkem	29	56

Z Houtp TR. Water and electrolytes. In: Reece WO, ed. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 13th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2015.

vody se v obou případech rovná jejímu výdeji; vyrovnaná vodní bilance. Velikost „poolu“ (litry) zůstává konstantní, ale voda v „poolu“ se mění (**obrat vody**). Výdej laktující krávy se zvyšuje nejen kvůli produkci mléka, ale také kvůli většímu množství výkalů díky téměř dvojnásobné konzumaci krmiva a také kvůli větším ztrátám moči a výparem, které jsou způsobené zvýšenou intenzitou metabolismu.

Příjem vody

Voda se získává příjmem vody z krmiva a napájení a z metabolické vody. Krmivo, které zvířata přijímají, obsahuje různé množství vody; obvyklým nápojem je voda nebo u mláďat mléko. **Metabolická voda** pochází z chemických reakcí buněčného metabolismu probíhajících v mitochondriích. Na konci elektronového transportního řetězce se vodík spojuje s kyslíkem za vzniku vody; to je metabolická voda (viz kapitola 1).

Metabolismus bílkovin, sacharidů a tuků vyžaduje různé množství kofaktorů, přičemž největší množství je potřebné pro tuky. Proto je výtěžek metabolické vody pro určité množství tuku větší než pro stejné množství bílkovin nebo sacharidů. Například výtěžek metabolické vody z každého ze 100 g bílkovin, sacharidů a tuků je 40, 60 a 110 ml.

V elektronovém transportním řetězci vzniká energie ve formě adenosintrifosfátu (ATP). Množství vzniklé metabolické vody se liší, ale za určitých podmínek může být značné. Uvádí se, že u domácích zvířat tvoří v průměru asi 5–10 % denního příjmu vody a u některých malých pouštích hlodavců se může blížit 100 % příjmu vody.

Ztráty vody

Ztráty vody z těla se klasifikují jako ztráty insenzibilní nebo senzibilní. **Insenzibilní ztráty** (nevnímané) jsou spojeny se ztrátami vodní páry a dochází k nim neustále odpařováním z kůže a ztrátami vodní páry ve vydechovaném vzduchu. Vdechovaný vzduch se v dýchacích cestách a plicích nasýtí vodní párou, ale tělo nemá žádný mechanismus, který by z dýchacích plynů před výdechem odstraňoval vlhkost.

Senzibilní ztráty jsou pozorovatelné ztráty; jsou součástí moči, stolice a tělesných sekretů, které opouštějí tělo a nepodléhají odpařování. Senzibilní ztráty mohou být za určitých podmínek značné, například při průjmu, a mohou ohrožovat tělesné zásoby vody.

Potřeba vody

Mezi bazální potřebou vody a tělesnou hmotností není přímá úměra. Kráva o hmotnosti 500 kg tedy nepotřebuje desetkrát více vody než tele o hmotnosti 50 kg. **Bazální denní** potřeba vody (potřeba k udržení vodní bilance) však souvisí s kalorickým výdejem. Za **bazálních metabolických podmínek** (např. zvíře v klidu, tepelně neutrální prostředí, stav lačnění) je **kalorický výdej** přímo úměrný ploše povrchu těla. Kráva tak může potřebovat pouze třikrát až čtyřikrát více vody než tele, protože její tělesný povrch je třikrát až čtyřikrát větší. Pokud vezmeme ECF (20 % tělesné hmotnosti) jako tu, ze které se v případě potřeby bere voda, má kráva o hmotnosti 500 kg 100 kg ECF a tele o hmotnosti 50 kg pouze 10 kg ECF. Z toho vyplývá, že kráva má podstatně větší zásoby vody, ze kterých může čerpat potřebnou vodu, než tele. Jinými slovy, kráva má desetkrát větší zásobu vody, kterou může v případě potřeby využít, než tele, ale její potřeba je pouze třikrát až čtyřikrát vyšší. Právě kvůli omezenějším rezervám spojeným s relativně vyššími potřebami se telata při nekontrolovaných ztrátách vody (např. při průjmu) rychleji dostávají do kritického stavu. Je třeba také poznamenat, že telata, vzhledem k většímu povrchu v poměru k tělesné hmotnosti, budou také rychleji než krávy ztrácet tělesné teplo.

■ DEHYDRATACE, ŽÍŽENÍ A PŘÍJEM VODY

1. Co je bezprostředním zdrojem (kompartmentem) ztrát vody z těla při dehydrataci?
2. Jaké množství se u většiny zvířat považuje za závažnou ztrátu tělesné vody?
3. Dochází při pokračující ztrátě vody (dehydrataci) k úměrné ztrátě elektrolytů?
4. Definujte žízeň.

5. Kde se nachází centrum pro regulaci žízně?
6. Jak dehydratace vyvolává žízeň?
7. Jak hypovolemie stimuluje žízeň?
8. Jak lze dočasně zmírnit žízeň?

Pokud ztráty vody převyšují její zisk, dochází k **dehydrataci**. Její rozsah je různý, a pokud je mírná a pokud je voda k dispozici, fyziologické mechanismy mohou být dostatečné k obnově vodní rovnováhy prostřednictvím aktivace pocitu žízně. Pokud jsou ztráty vody středně závažné až závažné a souvisejí s chorobným stavem, mohou být nezbytná terapeutická opatření (náhrada tekutin, léčba základní příčiny).

Dehydratace

Při dehydrataci je bezprostředním zdrojem ztrát vody z těla ECF. Následně dochází k přesunu tekutiny z intracelulární do extracelulární. Ztráta vody rovnající se 10 % tělesné hmotnosti je u většiny zvířat považována za závažnou. Koncentrace elektrolytů (iontů) v tělesných tekutinách se během dehydratace dále nezvyšuje. Elektrolyty jsou vylučovány ledvinami úměrně ztrátě vody. Při pokračující dehydrataci dochází k vyčerpání vody a elektrolytů. Proto rehydratace vyžaduje nejen vodu, ale také vhodné elektrolyty.

Stimulace pocitu žízně

Pokud ztráty vody převyšují její zisk, ledviny se snaží vodu šetřit. Zvířata jsou také vybavena **mechanismem pocitu žízně**, který rozpoznává větší potřebu příjmu vody, než je voda přijatá s potravou a voda metabolická. **Žízeň** je vědomá touha po vodě. Centrum pro vznik pocitu žízně je umístěné v hypotalamu (viz kapitola 4) a tvoří ho specifické buňky – osmoreceptory. Osmoreceptory jsou stimulovány zvýšením **osmolality** (ztráta vody a zvýšená koncentrace soli), která je důsledkem dehydratace.

Dalším podnětem pro pocit žízně je uvolnění hormonu **angiotenzinu II** (viz kapitola 11) mechanismem ovlivněným ledvinami. Ten se tvoří jako reakce na nízký tlak krve a jeho funkce je vyvolat změny vedoucí ke zvýšení krevního

tlaku (např. retence soli, periferní vazokonstrikce, požití vody). Ztráta objemu krve (**hypovolemie**), jako například při krvácení (izotonická ztráta tekutin), má za následek snížení krevního tlaku a tvorbu angiotenzinu II. Výše popsaný mechanismus stimulace žízně způsobí, že zvíře vypije vodu, která se následně vstřebá, a objem krve a krevní tlak se obnoví směrem k normálu.

Úleva od žízně

Na psovi lze provést experiment, který ukáže vliv dehydratace na stimulaci žízně. Pomalu se intravenózně podává hypertonický roztok NaCl, který zvyšuje osmolalitu plazmy a následně i osmoreceptorů v hypotalamu. Po několika minutách pes, který předtím ignoroval nabízenou vodu, pije. Spotřebované množství vody se přibližně rovná množství, které by bylo potřeba k tomu, aby se hypertonická plazma stala izotonickou. Přestože čas je krátký na to, aby se požitá voda vstřebala, žízeň psa se dočasně zmírní, protože k dočasné úlevě může dojít při zvlhčení tlamy a hltanu a při roztažení žaludku po požití vody. Oba tyto způsoby dočasného zmírnění žízně pomáhají zabránit nadměrnému příjmu vody, ke kterému by jinak došlo. Po napití je zapotřebí jen krátká doba, aby se voda vstřebala a snížila se osmolalita osmoreceptorů nebo se zvýšil krevní tlak; podle toho, jaký podnět žízeň vyvolal. Žízeň je důležitým mechanismem pro udržení vodní rovnováhy. Zvířata musí mít zajištěný přístup k vodě, jinak dochází k narušení zdraví, nepohodlí a ztrátě produkce.

■ ADAPTACE NA NEDOSTATEK VODY

1. Proč jsou indická plemena skotu odolnější vůči horku než evropská plemena?
2. Jak se velbloudi přizpůsobili omezené dostupnosti vody?
3. Porovnejte adaptační mechanismy ovcí a oslů na nedostatek vody mezi sebou a s adaptačním mechanismem velblouda.

V průběhu evoluce se některá zvířata musela přizpůsobit podmínkám s nedostatkem vody kvůli svému životnímu prostředí (dobytek, prasata, psi a kočky se však přizpůsobovali jen málo).

Problém je umocněn vystavením vysokým teplotám. Indická plemena skotu (zebu a brahman) jsou vůči horku tolerantnější než evropská plemena nikoliv proto, že by měla nějaký zvláštní mechanismus na ochranu vody, ale protože se více potí (a tedy ochlazují). Potřebují tedy dostatečné množství vody. Velbloudi, osli a ovce se však přizpůsobili tomu, aby zvládli období, kdy voda není k dispozici.

Velbloudi

Největší pozornost je věnována způsobu, jakým se dromedár (velbloud jednohrbý) přizpůsobil nedostatku vody. S tímto velbloudem a jeho schopností přežít dlouhou dobu v poušti bez vody je spojeno mnoho legend. Předpokládalo se, že metabolismus tuku v hrbu a větší zisk vody z tuku poskytuje dodatečný zdroj vody, ale tato představa byla vyvrácena. Množství tuku v hrbu není velké, a přestože se z metabolismu tuku získává více metabolické vody, produkuje se také více energie (ATP). V důsledku toho se metabolizuje pouze poloviční množství tuku, než by tomu bylo v případě bílkovin a sacharidů, což vede k přibližně stejné produkci vody.

Nejdůležitějším zjištěním je schopnost velbloudů snášet dehydrataci, která se rovná přibližně 30 % jejich tělesné hmotnosti, zatímco u většiny ostatních živočichů je to 10 až 12 %. To mu umožňuje přežít déle v čase, kdy nemá k dispozici vodu. Dalším adaptačním mechanismem je schopnost velbloudů ukládat tělesné teplo během dne (což vede ke zvýšení tělesné teploty), místo aby ho odváděli. Během jednoho dne se může tělesná teplota velblouda pohybovat v rozmezí 34,2 až 40,7 °C, což je mnohem větší rozmezí než 38 až 39,3 °C u dojníc. Voda se tak šetří, protože odvádění tepla vyžaduje odpařování vody. Velbloud čeká na chladnou pouštní noc, aby odvedl akumulované teplo (viz kapitola 13). Velbloud má také hustou srst, která je zejména na zádech a ta účinně snižuje tepelné zisky ze slunečního záření. A konečně, velbloud po období dehydratace rychle přijímá vodu až do výše 25 % své tělesné hmotnosti, což mu umožňuje rehydrataci na zřídka se vyskytujících napajedlech. Snížení osmotického tlaku v plazmě, ke

kterému dochází po rychlém požití tak velkého objemu vody, nezpůsobuje hemolýzu, která by jinak mohla nastat z následujícího důvodu. Během dehydratace se zvyšuje osmolalita plazmy, což je spojeno se snížením objemu erytrocytů. Při rehydrataci se osmolalita plazmy vrací k normálu, což umožňuje návrat objemu erytrocytů k objemu před dehydratací (tj. erytrocyty nepřekračují normální objem, což by mohlo vést k ruptuře). Ačkoli velbloud může koncentrovat moč a dehydratovat výkaly, nejsou to významné faktory, pokud jde o schopnost velblouda snášet nedostatek vody.

Ovce a osli

Ovce a osli jsou také pozoruhodní svou schopností odolávat nedostatku vody. Jsou, podobně jako velbloudi, schopni snášet dehydrataci až do 30 % své tělesné hmotnosti. Ovce a osli jsou také podobní velbloudům v tom, že jsou schopni bez následků vypít najednou téměř 25 % své tělesné hmotnosti vody. Ovce jsou chráněny před slunečním zářením svým rounem, vylučují suché výkaly a poměrně koncentrovanou moč. Osli odvádí více tepla pocením než velbloud a ovce; jejich doba přežití je přiměřeně kratší. Protože se ovce nepotí tolik jako velbloudi a osli, je u nich důležitější výdej tepla odpařováním prostřednictvím dýchacích cest (dýchání).

■ DOPORUČENÁ LITERATURA

- Haupt TR. Water and electrolytes. In: Reece WO, ed. Dukes' Physiology of Domestic Animals. 12th edn. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2004.
- Reece WO. Body water: properties and solutions. In: Reece WO, ed. Dukes' Physiology of Domestic Animals. 13th edn. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2015.
- Schmidt-Nielsen K. Animal Physiology: Adaptation and Environment. 5th edn. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997.



KONTROLNÍ OTÁZKY – KAPITOLA 2

FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI ROZTOKŮ

1. Selektivně propustná membrána umožňuje průchod vody a látky X, ale ne látky Y. Stejně objemy vodného roztoku X a vodného roztoku Y jsou umístěny na opačných stranách membrány. Na které straně bude po vyrovnání větší objem?
 - a. Na straně, která původně obsahovala roztok X.
 - b. Na straně, která původně obsahovala roztok Y.
2. Erytrocyty jsou přeneseny do roztoku, který způsobí jejich hemolýzu. Roztok musí být:
 - a. Izotonický.
 - b. Hypertonický.
 - c. Hypotonický.
3. Na každé straně selektivně propustné membrány je umístěn jiný roztok. Voda difunduje ze strany A na stranu B. Na které straně je větší tonicity (efektivní osmotický tlak)?
 - a. Strana A.
 - b. Strana B.
4. Roztok 1 má větší tonicitu (efektivní osmotický tlak) než roztok 2. Který z těchto roztoků má větší koncentraci?
 - a. Roztok 1.
 - b. Roztok 2.
5. Jaký je osud erytrocytů umístěných do hypotonického roztoku?
 - a. Zvětšují svůj objem.
 - b. Zmenšují svůj objem.
 - c. Nedochází ke změně objemu.
6. Membrána odděluje dva vodné roztoky A a B. Roztok A má větší efektivní osmotický tlak. Proto bude voda difundovat z:
 - a. Roztoku B do roztoku A.
 - b. Roztoku A do roztoku B.
 - c. Nedocházelo by k difúzi vody.

ROZLOŽENÍ VODY V TĚLE

7. Který z následujících kompartmentů tělních tekutin představuje přibližně 40 % tělesné hmotnosti?
 - a. Transcelulární.
 - b. Intravaskulární.
 - c. Intracelulární.
 - d. Extracelulární.
8. Intersticiální tekutina je součástí:
 - a. Intracelulární tekutiny.
 - b. Extracelulární tekutiny.
 - c. Transcelulárních tekutin.
9. Intersticiální tekutina se nachází:
 - a. V buňkách.
 - b. Mezi buňkami, ale mimo cévy.
 - c. V kapilárách.
 - d. V tělních dutinách.
10. Kyselina hyaluronová (součást mezibuněčné matrix):
 - a. Udržuje optimální pH ISF.
 - b. Působí proti účinkům hyaluronidázy.
 - c. Je vysoce hydratovaný gel, který ve svých mezerách udržuje ISF.
11. Byly změřeny objemy tělních tekutin. Hodnoty jsou uvedeny v mililitrech na kilogram tělesné hmotnosti, ale v zakódovaném pořadí bez identifikace částí těla. Celková voda v těle má hodnotu 610 ml/kg tělesné hmotnosti a objemy tělních kompartmentů byly uvedeny jako 170, 230, 380 a 60. Vyberte níže uvedenou řadu, která odpovídá uvedeným hodnotám.
 - a. ECF, ICF, ISF, PV.
 - b. PV, ISF, ECF, ICF.
 - c. ISF, ECF, ICF, PV.
 - d. ECF, ICF, ISF, PV.

VODNÍ BILANCE

12. Voda, která se z těla ztratí při vydechování vzduchu nebo odpařováním z kůže je považována za ztrátu výparem nebo za ztrátu insenzibilní (nevnímanou). Obvykle převyšuje senzibilní (pozorovatelné) ztráty, tedy vodu ztracenou stolicí nebo močí.
- Platí.
 - Neplatí.
13. Potřeba vody pro krávu o hmotnosti 454 kg je přibližně 30 l denně. Pokud tele váží 23 kg a má přibližně pětinu povrchu těla krávy, jaká je jeho přibližná denní potřeba vody?
- 30 l.
 - 3 l.
 - 6 l.
14. Základní denní potřeba vody přímo souvisí s:
- Tělesnou hmotností.
 - Kalorickým výdejem a tělesným povrchem.
 - Barvou zvířat.
15. Při metabolismu 100 g tuku se získá více metabolické vody než ze 100 g bílkovin nebo sacharidů, protože:
- Zvířata při konzumaci tuků více pijí.
 - Při metabolismu tuků se snižuje množství kofaktorů (a proto je třeba je reoxidovat).
 - 1 g tuku je těžší než 1 g bílkovin nebo sacharidů.

DEHYDRATACE, ŽÍŽEŇ A PŘÍJEM VODY

16. Pokud je efektivní osmotický tlak v plazmě vyšší než efektivní osmotický tlak v osmoreceptorech hypotalamu, co z následujícího lze předpokládat?
- Zvíře by hledalo vodu.
 - Zvíře by vodu nehledalo.
17. Žízeň může být stimulována:
- Osmolalitou extracelulární tekutiny.
 - Nízkým krevním tlakem spojeným se ztrátou krve.
 - a i b.

18. Který z následujících roztoků by způsobil, že by pes začal pít vodu (dostal by žízeň), kdyby mu byl vpraven do krve?
- Hypertonický NaCl.
 - Izotonický NaCl.
 - Hypotonický NaCl.
19. Při pokračující dehydrataci:
- Je vyčerpána pouze voda.
 - Jsou vyčerpány pouze elektrolyty.
 - Je vyčerpána voda i elektrolyty.

ADAPTACE NA NEDOSTATEK VODY

20. Které z následujících tvrzení je správné, pokud jde o toleranci k dehydrataci?
- Skot ji lépe snáší než ovce.
 - Ovce snáší dehydrataci lépe než skot a prasata.
 - Ovce, skot a prasata mají stejnou toleranci.
 - Prasata mají lepší snášenlivost než ovce.
21. Která z následujících činností je během denního horka nejúčinnější pro udržení vody v těle?
- Odvádění tělesného tepla během jeho tvorby odpařováním.
 - Ukládání tělesného tepla během dne, kdy se produkuje a jeho odvádění, když je okolní teplota nižší.
 - Zadržování moči.