

Obsah

HLAVNÍ RYSY VIII | PŘEDMLUVA XI | PODĚKOVÁNÍ XIII | PŘEDMLUVA K ČESKÉMU VYDÁNÍ XV

1 Histologické metody 1

- Příprava tkání pro studium 1
- Světelná mikroskopie 4
- Elektronová mikroskopie 7
- Autoradiografie 8
- Buněčné a tkáňové kultury 9
- Enzymová histochemie 10
- Vizualizace specifických molekul 11
- Interpretace struktur v tkáňových řezech 14
- Přehled klíčových pojmů 16
- Test znalostí 17

2 Cytoplazma 18

- Buněčná diferenciace 18
- Buněčná membrána 18
- Buněčné organely 28
- Cytoskelet 42
- Inkluze 49
- Přehled klíčových pojmů 53
- Test znalostí 55

3 Buněčné jádro 56

- Součásti jádra 56
- Buněčný cyklus 61
- Mitóza 64
- Kmenové buňky a obnova tkání 67
- Meióza 68
- Apoptóza 69
- Přehled klíčových pojmů 72
- Test znalostí 73

4 Epitelová tkáň 74

- Obecná charakteristika epitelových buněk 74
- Specializace apikálního povrchu buněk 80
- Druhy epitelů 83
- Transport látek přes epitel 91
- Obnova epitelových buněk 92
- Přehled klíčových pojmů 94
- Test znalostí 97

5 Vazivo 99

- Buňky vaziva 99
- Vazivová vlákna 106
- Základní hmota 113

- Typy vaziva 117
- Přehled klíčových pojmů 122
- Test znalostí 123

6 Tuková tkáň 124

- Bílá tuková tkáň 124
- Hnědá tuková tkáň 128
- Přehled klíčových pojmů 130
- Test znalostí 130

7 Chrupavka 132

- Hyalinní chrupavka 132
- Elastická chrupavka 136
- Vazivová chrupavka 137
- Vývoj chrupavky, její růst a reparace 137
- Přehled klíčových pojmů 139
- Test znalostí 139

8 Kost 141

- Buňky kosti 141
- Kostní matrice 146
- Periost a endost 146
- Typy kostí 148
- Osifikace 152
- Přestavba a reparace kosti 155
- Význam kosti pro metabolismus 156
- Klouby 158
- Přehled klíčových pojmů 161
- Test znalostí 162

9 Nervová tkáň a nervový systém 164

- Vývoj nervové tkáně 164
- Neurony 166
- Gliové buňky a aktivita neuronů 171
- Centrální nervový systém 178
- Periferní nervový systém 184
- Plasticita a regenerace nervové tkáně 189
- Přehled klíčových pojmů 191
- Test znalostí 195

10 Svalová tkáň 196

- Kosterní svalovina 196
- Srdeční svalovina 209

Hladká svalovina 211
 Regenerace svalové tkáně 213
 Přehled klíčových pojmů 216
 Test znalostí 217

11 Oběhový systém 218

Srdce 218
 Obecná stavba cévní stěny 221
 Typy cév 223
 Lymfatické cévy 235
 Přehled klíčových pojmů 238
 Test znalostí 239

12 Krev 240

Složení plazmy 240
 Formované krevní elementy 242
 Přehled klíčových pojmů 255
 Test znalostí 256

13 Krvetvorba 257

Kmenové buňky, růstové faktory
 a diferenciacie 257
 Kostní dřeň 258
 Vývoj erytrocytů 262
 Vývoj granulocytů 263
 Vývoj agranulocytů 266
 Vývoj krevních destiček 267
 Přehled klíčových pojmů 268
 Test znalostí 269

14 Imunitní systém a lymfatické orgány 270

Vrozená a adaptivní imunita 270
 Cytokiny 272
 Antigeny a protilátky 273
 Předkládání antigenů 275
 Buňky adaptivní imunity 276
 Brzlík 279
 Slizniční lymfatická tkáň 284
 Lymfatické uzliny 287
 Slezina 292
 Přehled klíčových pojmů 296
 Test znalostí 297

15 Trávicí systém 299

Obecná stavba trávicí trubice 299
 Ústní dutina 301
 Jícen 308
 Žaludek 309
 Tenké střevo 318

Tlusté střevo 322
 Přehled klíčových pojmů 327
 Test znalostí 331

16 Orgány přidružené k trávicí trubici 332

Slinné žlázy 332
 Slinivka břišní 336
 Játra 338
 Žlučové cesty a žlučník 349
 Přehled klíčových pojmů 350
 Test znalostí 352

17 Dýchací systém 353

Nosní dutina 353
 Pharynx 357
 Larynx 357
 Trachea 357
 Bronchiální strom a plic 358
 Cévní zásobení a inervace plic 372
 Pleura 372
 Dýchací pohyby 373
 Přehled klíčových pojmů 373
 Test znalostí 374

18 Kůže 376

Pokožka 377
 Škára 385
 Podkožní vazivo 386
 Kožní receptory 387
 Vlas 387
 Nehty 389
 Kožní žlázy 390
 Hojení ran 393
 Přehled klíčových pojmů 396
 Test znalostí 396

19 Močový systém 398

Ledviny 398
 Krevní oběh 399
 Funkce ledvin: filtrace, sekrece a resorpce 401
 Močovody, močový měchýř
 a močová trubice 413
 Přehled klíčových pojmů 417
 Test znalostí 418

20 Endokrinní žlázy 419

Hypofýza 419
 Nadledviny 429
 Langerhansovy ostrůvky 431

BUŇKY KOSTI	141	OSIFIKACE	152
Osteoblasty	141	Desmogenní osifikace	152
Osteocyty	145	Endochodrální osifikace	153
Osteoklasty	146	PŘESTAVBA A REPARACE KOSTI	155
KOSTNÍ MATRIX	146	VÝZNAM KOSTI PRO METABOLISMUS	156
PERIOST A ENDOST	146	KLOUBY	158
TYPY KOSTI	148	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	161
Lamelární kost	148	TEST ZNALOSTÍ	162
Vláknitá kost	151		

Kost jako hlavní složka kostry dospělého člověka (obr. 8.1.) je pevnou oporou těla, chrání životně důležité orgány, např. v lební dutině či v hrudním koši, a obklopuje kostní dřev, která slouží k tvorbě krevních buněk. Kostní tkáň představuje také rezervoár vápníku, fosfátů a dalších iontů, které se mohou podle potřeb organismu z kostní tkáně buď uvolňovat, nebo se do ní ukládat s cílem udržet v tělních tekutinách jejich konstantní koncentraci.

Kromě toho kosti vytvářejí systém pák, který zesiluje síly vznikající při svalové kontrakci a umožňuje tak tělesný pohyb. Tato mineralizovaná tkáň tedy zabezpečuje mechanické a metabolické funkce kostry.

Kost je specializovaná pojivová tkáň tvořená kalcifikovanou **mezibuněčnou hmotou** a třemi hlavními typy buněk (obr. 8.2.):

- **osteocyty** (řec. *osteon*, kost + *kytos*, buňka) jsou uloženy v dutinách (*lacunae*) mezi vrstvami mezibuněčné hmoty (*lamellae*); jejich cytoplazmatické výběžky probíhají v mezibuněčné hmotě kosti (matrix) v tenkých kanálcích (*canaliculi*, lat. *canalis*, kanál).
- **osteoblasty** (*osteon* + *blastos*, zárodek) jsou mitoticky aktivní buňky, které syntetizují a vylučují organické složky mezibuněčné hmoty;
- **osteoklasty** (*osteon* + *klastos*, rozbitý) jsou velké mnohojaderné buňky odbourávající kalcifikovanou kostní mezibuněčnou hmotu při přestavbě kostní tkáně.

Kalcifikovaná mezibuněčná hmota neumožňuje difúzi metabolitů, proto dochází k výměně látek mezi osteocyty a krevními kapilárami prostřednictvím velmi tenkých kanálků (*canaliculi ossium*).

Povrch kostí kryje vrstva vazivové tkáně obsahující osteogenní buňky – **endost** na vnitřním povrchu přivraceném ke kostní dřevu, a **periostr** na zevním povrchu.

Pro tvrdost kostní tkáně není možno připravovat histologické řezy běžným postupem. Kostní mezibuněčnou hmotu je třeba buď před zalitím do parafínu zbavit minerálních látek ponořením do dekalcificačního roztoku, nebo se po fixaci zalévá do plastického média a krájí se na zvláštním mikrotomu.

› BUŇKY KOSTI

Osteoblasty

Osteoblasty pocházejí z mezenchymových kmenových buněk. Produkují organické složky kostní matrix jako kolagen typu I, proteoglykany a glykoproteiny, např. osteonektin. Také ukládání anorganických látek do kosti závisí na aktivitě osteoblastů. Aktivní osteoblasty jsou výhradně uloženy na povrchu kostní mezibuněčné hmoty. Jsou uspořádány do jedné vrstvy kubických buněk navzájem spojených *nexy* (*gap junctions*; obr. 8.3.). Po ukončení své metabolické aktivity část osteoblastů vyzrává v osteocyty uložené v lakuně ohraničené kostní mezibuněčnou hmotou, jiné se oplošťují a ukládají se na povrch vrstvy kostní matrix jako krycí buňky. Většina však zaniká procesem apoptózy.

V průběhu syntézy kostní mezibuněčné hmoty a její mineralizace jsou osteoblasty polarizovanými buňkami s ultrastrukturálními znaky, které odpoví-

9

Nervová tkáň
a nervový systém

VÝVOJ NERVOVÉ TKÁNĚ	164	CENTRÁLNÍ NERVOVÝ SYSTÉM	178
NEURONY	166	Meningy (mozkomíšni obaly)	179
Tělo buňky	166	Hematoencefalická bariéra	183
Dendrity	168	Plexus choroideus	183
Axony	169	PERIFERNÍ NERVOVÝ SYSTÉM	184
Nervové impulsy	169	Nervová vlákna	184
Synapse	170	Stavba periferního nervu	186
GLIOVÉ BUŇKY A AKTIVITA NEURONŮ	171	Ganglia	188
Oligodendrocyty	171	PLASTICITA A REGENERACE NERVOVÉ TKÁNĚ	189
Astrocyty	174	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	191
Ependymové buňky	176	TEST ZNALOSTÍ	195
Mikroglie	177		
Schwannovy buňky	178		
Satelitové buňky	178		

Nervový systém člověka, jako jeden z nejsložitějších systémů těla, je tvořen sítí mnoha miliard nervových buněk (**neuronů**), doprovázených ještě větším množstvím podpůrných **gliových buněk**. Každý neuron je mnohonásobně propojen s jinými neurony, a tak vzniká velmi složitý systém pro zpracování informací a generování reakcí na podněty.

Nervová tkáň je rozložena v těle jako integrovaná komunikační síť. Nervový systém má dvě anatomické části (obr. 9.1.):

- **centrální nervový systém (CNS)** složený z mozku a míchy;
- **periferní nervový systém (PNS)**, k němuž patří hlavové, míšní (spinální) a periferní nervy vedoucí nervové impulsy do CNS a z CNS (senzitivní a motorické nervy) a **ganglia** tvořená malými seskupenými nervových buněk mimo CNS.

V centrálním a periferním nervovém systému se nacházejí dva druhy buněk: neurony, které mají obvykle početné dlouhé výběžky, a různé **gliové buňky** (fec. *glia*, lep), které mají krátké výběžky, podpírají a chrání neurony a podílejí se na mnoha nervových aktivitách, výživě a obraně buněk CNS.

Neurony odpovídají na změny prostředí (**podněty, stimuly**) změnou iontového gradientu mezi vnějším a vnitřním prostředím svých plazmatických membrán. Všechny buňky udržují tento gradient, zvaný také elektrický potenciál, ale buňky, které mohou v závislosti na stimulech tento potenciál rychle změnit

(např. neurony, svalové buňky a některé žlázové buňky), označujeme jako **dráždivé (excitabilní)**. Neurony reagují pohotově na podněty zvratem iontového gradientu – **membránovou depolarizaci**, která se obvykle šíří od místa stimulu podél celé plazmatické membrány neuronu jako **akční potenciál (vlna depolarizace neboli nervový vzruch)**. Akční potenciál se může šířit po nervových výběžcích na dlouhé vzdálenosti a předávat tak informace dalším neuronům, svalovým a žlázovým buňkám.

Pomocí základních funkcí nervového systému, jako jsou příjem, analýza, integrace a přenos informací, nervový systém trvale stabilizuje vnitřní prostředí organismu (např. krevní tlak, obsah O₂ a CO₂, pH, koncentraci glukózy a hormonů v krvi) v rozsahu normálních hodnot a zajišťuje základní aktivity (např. přijímání potravy, reprodukci, obranné reakce, interakce s jinými organismy).

» VÝVOJ NERVOVÉ TKÁNĚ

Nervový systém se vyvíjí na začátku třetího týdne z ektodermu (obr. 9.2.). Po stimulaci signály, které poskytují přilehlá axiální struktura – **chorda dorsalis** – se ektoderem v mediální části dorzální strany embrya ztlušťuje a vytváří epitelovou **neurální ploténku**. Okrajové části této ploténky se ohýbají směrem vzhůru, rostou mediálně proti sobě a během několika

KOSTERNÍ SVALOVINA	196
Stavba kosterního svalu	197
Stavba vláken kosterní svaloviny	197
Sarkoplazmatické retikulum a systém T-tubulů	200
Mechanismus kontrakce	201
Inervace	204
Nervosvalová vřeténka a šlachová tělíska	204

Typy vláken kosterní svaloviny	206
SRDEČNÍ SVALOVINA	209
HLADKÁ SVALOVINA	211
REGENERACE SVALOVÉ TKÁNĚ	213
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	216
TEST ZNALOSTÍ	217

Svalová tkáň představuje čtvrtý typ základních tkání, mezi které dále patří tkáň epitelová, jivová a nervová. Svalová tkáň je složena z buněk s nejméně vyvinutou univerzální schopností – **kontraktilitou** (smrštitelností, stažitelností). Tak jako ve všech buňkách i zde aktinová mikrofilamenta a k nim přidružené proteiny generují síly nutné pro svalovou kontrakci, která navodí pohyb v orgánových systémech, proudění krve a pohyb těla jako celku. V podstatě všechny svalové buňky jsou mezodermového původu a diferencují se postupným procesem prodlužování spolu s intenzivní syntézou myofibrilárních bílkovin aktinu a myosinu.

Na základě morfologických a funkčních vlastností lze rozlišit tři typy svalové tkáně (obr. 10.1.), které jsou stavbou přizpůsobeny své fyziologické roli:

- **Kosterní svalovina** – obsahuje svazky velmi dlouhých mnohojaderných vláken s příčným žiháním. Její kontrakce je rychlá, silná a obvykle vůli ovladatelná.
- **Srdeční svalovina** – je také příčně pruhovaná, složená z podlouhlých rozvětvených buněk navzájem spojených **interkalárními disky**, které jsou charakteristické pro tento typ svaloviny. Kontrakce je vůli neovladatelná, energická a rytmická.
- **Hladká svalovina** – sestává z vřetenovitých buněk bez příčného žihání a vykazuje pomalé vůli neovladatelné kontrakce.

U všech typů svaloviny jsou kontrakce způsobeny klouzavou interakcí tlustých myosinových filament s tenkými aktinovými filamenti. Síly nezbytné pro klouzání jsou tvořeny jinými proteiny, které ovlivňují slabé interakce ve vazbách mezi aktinem a myosinem.

Podobně jako u neuronů jsou některé orgány ve svalových buňkách označovány speciálními názvy.

Cytoplazma svalových buněk se obvykle nazývá **sarkoplazma** (řec. *sarkos*, maso + *plasma*, hmota), hladké endoplazmatické retikulum **sarkoplazmatické retikulum** a buněčná membrána a její bazální lamina **sarkolema** (řec. *sarkos* + *lemma*, kůra, obal).

» KLINICKÁ POZNÁMKA

Rozdíly v průměru svalových vláken závisí na faktorech, jako je konkrétní sval, věk, pohlaví, stav výživy a fyzická trénovanost jedince. Cvičení zvětšuje kosterní svalstvo stimulací tvorby nových myofibrilů a zvětšování průměru jednotlivých svalových vláken. Tento proces, charakteristický zvětšením objemu buněk, se nazývá **hypertrofi** (řec. *hyper*, nad + *trofe*, výživa). Růst tkáně daný zvýšením počtu buněk se označuje jako hyperplazie (řec. *hyper* + *plassein*, tvořit). Často k hyperplazii dochází v hladké svalovině, jejíž buňky neztratily schopnost dělit se mitózou.

» KOSTERNÍ SVALOVINA

Kosterní svalovina se skládá ze **svalových vláken**; svalové vlákno je dlouhé cylindrické mnohojaderné syncytium (soubuní) o průměru 10–100 μm. Během embryonálního vývoje fúzíjí mezenchymové myoblasty (řec. *myos*, sval) za vzniku myotub s mnoha jádry. Myotuby se dále diferencují ve vlákna kosterní svaloviny (obr. 10.2.). Protáhlá jádra se nacházejí na periferii pod sarkolemou, přičemž toto umístění jader je charakteristické pro vlákna kosterní svaloviny. Malá populace rezervních progenitorových buněk označovaných jako **satelitové buňky** přiléhá k většině vláken diferencované kosterní svaloviny.

SRDCE	218
OBECNÁ STAVBA CÉVNÍ STĚNY	221
TYPY CÉV	223
Arterie elastického typu	223
Arteriální senzoričné útvary	225
Arterie svalového typu	226
Arterioly	226

Kapilární řečiště	229
Venuly	232
Vény	232
LYMFATICKÉ CÉVY	235
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	238
TEST ZNALOSTÍ	239

Oběhový systém rozvádí krevní elementy a látky obsažené v plazmě do všech tkání těla. Jeho součástí jsou krevní a lymfatický (mízní) cévní systém. Celková délka cév u dospělého činí 100 000 až 150 000 kilometrů. **Krevní oběhový systém** neboli **kardiovaskulární systém** (obr. 11.1.) zahrnuje následující struktury:

- **Srdce** žene krev celým systémem.
- **Arterie (tepny)** – sled cév, vystupujících ze srdce, které se ztenčují a větví do jednotlivých orgánů, aby přiváděly krev do tkání.
- **Kapiláry (vlásečnice)** – nejmenší cévy, jsou místem výměny O_2 , CO_2 , živin a odpadních produktů mezi krví a tkáněmi. Společně s nejmenšími arteriálními a venózními větvemi, které vedou krev do a z orgánů, kapiláry téměř v každém orgánu vytvářejí síť tenkých anastomozujících trubic, která se označuje jako **mikrocirkulační (mikrovaskulární) řečiště** či **mikrocirkulace**.
- **Vény (žilý)** vznikají spojením venul do systému větších trubic, které se dále zvětšují směrem k srdci, do něhož přivádějí krev, aby mohla být opět vypumpována do oběhu.

Jak ukazuje obr. 11.1., arterie, mikrovaskulární řečiště a vény vytvářejí dva hlavní oddíly – **plicní oběh**, kde je krev okysličována v plicích, a **tělní (systémový) oběh**, ve kterém krev přináší živiny a odvádí odpadní látky.

Lymfatický (mízní) cévní systém, který byl již zmíněn v části týkající se tkáňové (intersticiální) tekutiny v kap. 5, začíná **lymfatickými kapilárami**, což jsou tenkostěnné slepě začínající trubice obsahující lymfu (mízu), které splývají v cévy se vzrůstajícím průměrem. Největší lymfatické cévy se spojují s krev-

ním cévním systémem a ústí do velkých vén v blízkosti srdce. Takto se vrací tekutina z tkáňových prostorů celého těla do krve.

Vnitřní povrch všech součástí krevního a lymfatického systému je kryt jednou vrstvou plochých buněk zvaných **endotel**. Jako rozhraní mezi krví a orgány mají kardiovaskulární endotelové buňky rozhodující fyziologický význam. Endotelové buňky nemusejí jenom udržovat selektivní permeabilitu, protisrážlivou bariéru (inhibice krevního srážení), ale také určují, kdy a kde bílé krvinky vstupují do intersticia tkání, a uvolňují různé parakrinní faktory pro dilataci a kontrakci cév a proliferaci okolních buněk.

SRDCE

Srdeční svalovina ve stěně všech čtyř **srdečních dutin** se rytmicky stahuje a pumpuje krev do oběhového systému (obr. 11.2.). Pravá a levá **komora** vhnějí krev do plicního, resp. tělního oběhu; pravá a levá **síň** dostávají krev z těla, resp. plicních vén. Stěna všech čtyř srdečních dutin se skládá ze tří hlavních vrstev: vnitřní je endokard; střední myokard; a zevní je epikard.

- **Endokard** je tvořen tenkou vnitřní vrstvou endotelu a podpůrným vazivem, střední myoelastickou vrstvou hladké svaloviny a vaziva a hlubokou vrstvou vaziva nazvaného **subendokardová vrstva**. Větve převodního srdečního systému, které jsou tvořeny modifikovanými buňkami srdeční svaloviny, jsou také uloženy v subendokardové vrstvě (obr. 11.3.).
- **Nejsilnější vrstva, myokard**, je především srdeční svalovina tvořená buňkami – **kardiomyocyty**, kte-

SLOŽENÍ PLAZMY	240
FORMOVANÉ KREVNÍ ELEMENTY	242
Erytrocyty	242
Leukocyty	244
Krevní destičky	252

PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	255
TEST ZNALOSTÍ	256

Krev je tělní tekutina, která svým složením připomíná vazivo; buněčnou složku představují formované krevní elementy a mezibuněčnou hmotu **plazma**. Dospělý jedinec má přibližně 5 litrů krve, kterou rozvádějí rytmické kontrakce srdce po celém těle uvnitř uzavřeného oběhového systému. **Formované krevní elementy**, které cirkulují krví, zahrnují **erytrocyty** (červené krvinky), **leukocyty** (bílé krvinky) a **trombocyty** (krevní destičky).

Když krev opustí krevní řečiště, ať již mimo tělo či do extracelulární matrix kolem krevní cévy, plazmatické proteiny spolu reagují a vytvářejí sraženinu (koagulum) obsahující formované elementy. Tekutina, která vzniká po srážení krve, se označuje jako **krevní sérum**. V porovnání s plazmou má sérum velmi odlišné biologické vlastnosti, obsahuje totiž růstové faktory a ostatní proteiny uvolněné z krevních destiček během srážení krve, ale neobsahuje fibrinogen a další srážecí faktory.

Odebranou nesrážlivou krev (připravenou přidáním antikoagulantů, např. heparinu nebo citrátu) lze centrifugací rozdělit na několik vrstev, které odrážejí její různorodé složení (obr. 12.1.). Sedimentované červené krvinky u dospělých jedinců zaujímají přibližně 44 % objemu krve, což je označováno jako **hematokrit**.

Průsvitný a mírně viskózní supernatant slámore barvy v horní části centrifugační zkumavky je **plazma**, která zaujímá 55 % objemu. Tenká šedobílá vrstva (**buffy coat**) mezi plazmou a erytrocyty představuje 1 % objemu a obsahuje leukocyty a trombocyty. Plazma i **buffy coat** mají menší hustotu než erytrocyty.

Krev je médium, které umožňuje transport O_2 , CO_2 , metabolitů, hormonů a dalších látek k buňkám po celém těle. Většina O_2 je vázána na hemoglobin erytrocytů a jeho koncentrace je mnohem vyšší v arteriální

než ve venózní krvi (obr. 12.2.). CO_2 je kromě své vazby na hemoglobin přenášen rozpuštěný v plazmě jako CO_2 nebo HCO_3^- . Živiny jsou roznášeny z místa své syntézy nebo resorpce ve střevě k cílovým buňkám, zatímco odpadní produkty metabolismu buněk jsou z krve odstraňovány exkrečními orgány. Krev transportuje hormony, které umožňují výměnu chemických vzkazů mezi vzdálenými orgány, a tak regulují jejich normální funkci. Krev se také podílí na distribuci tepla, regulaci tělesné teploty a udržování acidobazické a osmotické rovnováhy.

Leukocyty plní odlišné funkce a představují jednu z hlavních složek obrany proti infekci. Mají kulovitý tvar a v neaktivní formě jsou rozptýlené v cirkulující krvi. Jakmile jsou však povolány do místa infekce nebo zánětu, prostupují stěnou venul a migrují do tkání, kde uplatňují své obranné schopnosti.

▶ SLOŽENÍ PLAZMY

Plazma je vodný roztok, který má pH 7,4. Obsahuje látky o nízké i vysoké molekulové hmotnosti, které představují 7 % jejího objemu. Jak je uvedeno v tab. 12.1., mezi rozpuštěné komponenty patří plazmatické proteiny, plazma dále obsahuje živiny, dýchací plyny, dusíkaté odpadní produkty, hormony a anorganické ionty souhrnně nazývané **elektrolyty**. Koncentrace nízkomolekulárních plazmatických složek je shodná s tkáňovým mokem. Složení plazmy je tedy ukazatelem složení extracelulární tkáňové tekutiny.

Mezi hlavní plazmatické proteiny patří:

- **Albumin**, nejvíce zastoupený plazmatický protein, je vytvářen játry a slouží primárně k udržení osmotického tlaku krve.
- **Globuliny (α - a β -globuliny)**, produkované játry a některými dalšími buňkami, zahrnují mimo jiné

13

KAPITOLA

Krvetvorba

KMENOVÉ BUŇKY, RŮSTOVÉ FAKTORY A DIFERENCIACE

Hemopoetické kmenové buňky	258
Progenitorové a prekurzorové buňky	258

KOSTNÍ DŘEŇ	258
--------------------	------------

VÝVOJ ERYTROCYTŮ	262
-------------------------	------------

VÝVOJ GRANULOCYTŮ	263
--------------------------	------------

VÝVOJ AGRANULOCYTŮ

Monocyty	266
Lymfocyty	266

VÝVOJ KREVŇÍCH DESTIČEK	267
--------------------------------	------------

PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	268
--------------------------------	------------

TEST ZNALOSTÍ	269
----------------------	------------

Zralé krevní buňky mají poměrně krátkou životnost a musejí být neustále nahrazovány novými buňkami vzniklými z prekurzorů během procesu, který se nazývá **krvetvorba** (hemopoéza nebo hematopoéza; řec. *haima*, krev a *poiesis*, vytváření). V raných fázích embryonálního vývoje vznikají krevní buňky z mezodermy **žlutkového váčku**. Během druhého trimestru těhotenství se krvetvorba přesouvá zejména do **jater** a do sleziny, kde ale v porovnání s játry není tak významná (obr. 13.1.). Základy budoucího skeletu začínají osifikovat a v jejich dřevnaté dutině se vytváří **kostní dřev**, takže ve třetím trimestru se kostní dřev některých kostí stává hlavní místem krvetvorby (hemopoetickým orgánem).

Během dětství a dospělosti vznikají erytrocyty, granulocyty, monocyty a destičky z hemopoetických kmenových buněk kostní dřev. Vznik a vyzrání těchto buněk se nazývá **erytropoéza** (řec. *erythros*, červený + *poiesis*), **granulopoéza**, **monocytopoéza** a **trombocytopoéza**. Jak uvádí kap. 14, vývoj lymfocytů, **lymfopoéza**, se uskutečňuje v kostní dřev a v lymfatických orgánech, do nichž vcestovávají prekurzorové buňky právě z kostní dřev.

Tato kapitola popisuje kmenové a progenitorové buňky hemopoézy, histologickou stavbu kostní dřev, hlavní stadia vyzrání červených a bílých krvinek a utváření destiček.

› KMENOVÉ BUŇKY, RŮSTOVÉ FAKTORY A DIFERENCIACE

Kmenové buňky jsou **multipotentní*** buňky schopné asymetrického** dělení a sebeobnovy. Jejich potomkem jsou progenitorové buňky s pevně danou (determinovanou) další diferenciací (tzv. zadané progenitory) a jen malá část dceřiných buněk zůstává jako zásoba pomalu se dělicích kmenových buněk.

Hemopoetické kmenové buňky lze izolovat pomocí sorteru a fluorescenčně značených protilátek, které se vážou na specifické antigeny buněčného povrchu (angl. *fluorescence-activated cell-sorting*, FACS). Studium kmenových buněk umožňují experimentální techniky, které provádějí analýzu hemopoézy *in vivo* a *in vitro*.

Techniky *in vivo* zahrnují injekci kostní dřev myších dárců myším, jejichž hemopoetické kmenové buňky byly zničeny ozářením. U těchto zvířat pouze buňky transplantované kostní dřev vytvářejí v kostní dřev a ve slezině hemopoetické kolonie, což zjednodušuje studium tohoto procesu. Tento výzkum vedl ke klinickému využití transplantace kostní dřev v léčbě vážných onemocnění krvetvorby.

Techniky *in vitro*, které užívají polotekutá tkáňová kultivační média obsahující faktory stromálních buněk kostní dřev, slouží k rozpoznání a studiu cyto-

* Pozn. překl.: Původní text popisuje hemopoetickou buňku jako pluripotentní, což je chybné, protože všechny její deriváty jsou odvozeny pouze z jediného zárodečného listu. Pluripotentními buňkami jsou produkovány deriváty všech tří zárodečných listů, takže hemopoetická buňka tuto definici nesplňuje.

** Asymetrické dělení znamená, že každá ze dvou dceřiných buněk se dále vyvíjí odlišně.

VROZENÁ A ADAPTIVNÍ IMUNITA	270
CYTOKINY	272
ANTIGENY A PROTLÁTKY	273
Třídy protilátek	273
Úloha protilátek	274
PŘEDKLÁDÁNÍ ANTIGENŮ	275
BUŇKY ADAPTIVNÍ IMUNITY	276
Buňky prezentující antigen	276
Lymfocyty	276

BRZLÍK	279
Úloha brzlíku ve vyvrávání a selekci T-lymfocytů	281
SLIZNIČNÍ LYMFATICKÁ TKÁŇ	284
LYMFATICKÉ UZLINY	287
Úloha lymfatických uzlin v imunitní odpovědi	289
SLEZINA	292
Funkce bílé a červené pulpy	292
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	296
TEST ZNALOSTÍ	297

Imunitní systém zajišťuje obranu neboli **imunitu** proti různým infekčním agens od virů po mnohobuněčné parazity (a proti dalším makromolekulám, které nejsou tělu vlastní). Z histologického hlediska se tento systém skládá z velké a rozmanité populace leukocytů přítomných ve všech tkáních těla a z **lymfatických orgánů** propojených pouze krevním a lymfatickým oběhem. Imunita má velký význam pro medicínu, např. už proto, že autoimunitní onemocnění charakterizovaná abnormální funkcí imunitních buněk, jsou dost častá.

Imunologové rozlišují dvě částečně se překrývající linie obrany proti infekčnímu agens nebo abnormálním potenciálně nebezpečným buňkám: **vrozenou imunitu** a **adaptivní (získanou) imunitu**. První z nich je nespecifická, zahrnuje rozmanité efektorové mechanismy a je evolučně starší než druhý typ. Mezi buňky zprostředkující vrozenou imunitu patří většina granulocytů a dalších leukocytů (viz kap. 12 a 13). Naproti tomu adaptivní imunita je zaměřena proti specifickému mikrobiálnímu agens. Je zprostředkována lymfocyty a **buňkami předkládajícími (prezentujícími) antigen**, o kterých pojednává tato kapitola, a vytváří paměťové buňky, které poskytují jednoduchou a velmi rychlou odpověď, objeví-li se stejný mikroorganismus opakovaně.

Lymfocyty a buňky prezentující antigen v adaptivní imunitě jsou rozmístěny po celém těle v krvi, lymfě, epitelech a vazivu. Lymfocyty nejprve vznikají v **přímých lymfatických orgánech** (brzlíku a kostní dřeni), ale k jejich aktivaci a proliferaci většinou dochází v **sekundárních lymfatických orgánech** (lymfatických uzlinách, slezině a rozptýlené lymfatické tkáni sliznice zažívacího systému zahrnující mandle, Peyerovy plaky a appendix). Imunitní buňky rozptýlené ve sliznicích zažívacího, dýchacího nebo urogenitálního traktu představují útvar společně nazývaný **slizniční lymfatická tkáň**, pro který se užívá zkratka **MALT** (angl. *mucosa-associated lymphoid tissue*). Proliferující B-lymfocyty v sekundárních strukturách MALT vytvářejí malé kulovité **lymfatické uzlíky**. Rozsáhlá distribuce buněk imunitního systému a stálá přeprava lymfocytů krví, lymfou, vazivem a sekundárními lymfatickými orgány poskytují tělu propracovaný a účinný systém dozoru a obrany (obr. 14.1.).

➤ VROZENÁ A ADAPTIVNÍ IMUNITA

Obranný systém zvaný **vrozená (nespecifická) imunita** zahrnuje bezprostřední nespecifické aktivity včetně **fyzikálních bariér** jako kůže a sliznice (např.

15 Trávicí systém

OBECNÁ STAVBA TRÁVICÍ TRUBICE	299
ÚSTNÍ DUTINA	301
Jazyk	302
Zuby	304
JÍCEN	308
ŽALUDEK	309
Sliznice	311
Další vrstvy stěny	317

TENKÉ STŘEVO	318
Sliznice	318
Další vrstvy stěny	319
TLUSTÉ STŘEVO	322
SOUHRN ZÁKLADNÍCH POJMŮ	327
TEST ZNALOSTÍ	331

Trávicí systém se skládá z **trávicí trubice** (ústní dutina, jícen, žaludek, tenké střevo, tlusté střevo a anus) a přidružených žláz (slinné žlázy, játra a pankreas – obr. 15.1.). Jeho úkolem je získat z přijaté potravy látky nezbytné pro zachování, růst a energetické potřeby těla. Bílkoviny, polysacharidy, nukleové kyseliny a tuky jsou během trávicího procesu rozloženy na malé molekuly, které snadno vstřebává epitel tenkého střeva. Většina vody a iontů se vstřebává v tlustém střevě. Kromě toho vnitřní vrstva celé trávicí trubice vytváří důležitou ochrannou bariéru mezi obsahem v luminu a vnitřním prostředím organismu, tj. vazivem a cévami.

Úkolem struktur trávicího ústrojí je:

- **přijímání** potravy a tekutin do dutiny ústní;
- **žvýkání** (mastikace), které rozmělní pevnou potravu ve stravitelné části;
- **pohyblivost** (motilita), posunování obsahu trávicí trubice pomocí svaloviny;
- **sekrece** zvlhčujícího a ochranného hlenu, trávicích enzymů, kyselých a zásaditých tekutin, žluči;
- **výdej hormonů**, které lokálně kontrolují motilitu a sekreci;
- **chemická degradace** neboli enzymový rozklad velkých makromolekul v potravě na malé molekuly a jejich části;
- **vstřebávání** malých molekul a vody do krve a lymfy;
- **vyučování** nevstřebaných nestravitelných složek potravy.

OBECNÁ STAVBA TRÁVICÍ TRUBICE

Všechny oblasti trávicí trubice mají společné strukturální rysy. Trávicí soustavu tvoří dutá trubice va-

riabilního průměru, jejíž stěna má čtyři základní vrstvy: **sliznici**, **submukózu** (podslizniční vazivo), **zevní svalovou vrstvu** a **serózu** nebo **adventicii**. Obecná stavba těchto čtyř vrstev je znázorněna na obr. 15.2.; hlavní znaky každé vrstvy jsou shrnuty zde:

- Na povrchu **sliznice** (*tunica mucosa*) je vrstva **epitelu** (*lamina epithelialis*); pod ní leží *lamina propria mucosae* (slizniční vazivo) z řídkého kolagenního vaziva. Ta obsahuje krevní a lymfatické cévy, lymfocyty, buňky hladké svaloviny, často se v ní nacházejí malé žlázy; součástí sliznice je také *lamina muscularis mucosae* (slizniční svalovina), tenká vrstva hladké svaloviny oddělující sliznici od submukózy a umožňující lokální pohyb sliznice.
- **Submukóza** (*tunica submucosa*) obsahuje hustší vazivo s většími krevními a lymfatickými cévami a autonomní nervovou pletení **plexus submucosus** (*Meissneri*). V některých úsecích obsahuje žlázy a značné množství lymfocytů.
- **Silná zevní svalová vrstva** (*tunica muscularis externa*) je složena z hladké svaloviny uspořádané do dvou nebo více vrstev. Všeobecně je orientace hladkých svalových buněk ve vnitřní vrstvě cirkulárně, v zevní vrstvě longitudinálně. Vazivo mezi vrstvami obsahuje krevní a lymfatické cévy a autonomní nervovou pletěň – **plexus myentericus** (*Auerbachii*) – složenou z mnoha autonomních neuronů shromážděných v malých gangliích a propojených pre-gangliovými a postgangliovými nervovými vlákny. Spolu s **plexus submucosus** tvoří tento plexus **enterický nervový systém** trávicí trubice. Kontrakce *tunica muscularis externa*, které mísí a posunují obsah v luminu vpřed, generuje a koordinuje **plexus myentericus**.
- **Seróza** (*tunica serosa*) je tenká vrstva řídkého kolagenního vaziva bohatá na tukové buňky a krevní

Orgány přidružené k trávicí trubicí

SLINNÉ ŽLÁZY	332
SLINIVKA BŘIŠNÍ	336
JÁTRA	338
Hepatocyty a jaterní láلčky	339
Struktura a funkce jater	347

ŽLUČOVÉ CESTY A ŽLUČNÍK	349
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	350
TEST ZNALOSTÍ	352

K orgánům přidruženým k trávicímu systému patří velké slinné žlázy, slinivka břišní, játra a žlučník. Sekrety těchto orgánů napomáhají transportu a trávení potravy. Hlavní funkcí slinných žláz je zvlhčování sliznice dutiny ústní a lubrikace zpracovávaného a polykaného sousta, zahájení trávení polysacharidů a lipidů pomocí enzymů amylázy a lipázy, remineralizace skloviny zubů a produkce působků přirozené imunity, jako je lysozym a laktoferin.

Slinivka břišní (pankreas) vylučuje trávicí enzymy, které působí v tenkém střevě, a rovněž uvolňuje do krevního oběhu hormony významné pro metabolismus vstřebaných živin. Žluč je secernována játry, poté je uchovávána a zahušťována ve žlučníku, a její složky jsou nezbytné pro emulgaci, trávení a vstřebávání tuků. Játra mají hlavní úlohu v metabolismu sacharidů a proteinů, dále přeměňují řadu exogenních molekul včetně léků (biotransformace, často spojená s detoxikací těchto molekul) a jsou místem tvorby většiny proteinů krevní plazmy a faktorů nezbytných pro srážení krve.

▶ SLINNÉ ŽLÁZY

Exokrinní žlázy dutiny ústní produkují slinu, která plní funkci trávicí, zvlhčovací, lubrikační a ochrannou. Slina má pH v rozsahu 6,5–6,9 a další její funkci je tak pufrovat obsah dutiny ústní. U některých živočichů (např. u psa, nikoliv však u člověka) se odpařování slin podílí i na ochlazení v rámci termoregulace. Velké slinné žlázy zahrnují tři párové orgány: **příušní, podčelistní a podjazykovou slinnou žlázu** (obr. 16.1.). Kromě toho ústí do dutiny ústní velké

množství drobných slinných žláz, které jsou rozptýleny v její sliznici a zodpovídají za sekreci přibližně 10 % celkového objemu sliny.

» KLINICKÁ POZNÁMKA

Nedostatečná tvorba sliny vede k **vysychání sliznice dutiny ústní, tzv. xerostomii**. Ta může být způsobena řadou příčin, jako je onemocnění poškozující slinné žlázy, např. infekce virem **příušnic**, změny způsobené ozářením žláz či autoimunitní onemocnění slinných žláz. Stejným příznakem se může projevit i nežádoucí účinek některých léků, např. **antihistaminik**.

Povrch každé slinné žlázy kryje vazivové pouzdro. Parenchym (epitelová složka žlázy) je složen ze sekrečních jednotek, na které navazuje systém větvených vývodů uspořádaných v rámci lalůčků. Větší vývody běží uvnitř sept (přepážek) z hustého kolagenního vaziva, která rozdělují žlázu na lalůčky. Dle typu vytvářeného sekretu a dle příměsí glykoproteinového mucinu rozlišujeme žlázy serózní, seromucinózní či mucinózní. Slina vznikající v příušní žláze je řídká, vodnatá a má významný obsah proteinů, tj. je serózní. Slina produkovaná podčelistní a podjazykovou žlázou je seromucinózní, zatímco slina pocházející z drobných slinných žlázek je převážně mucinózní. Složení sliny upravuje epitel vývodů, které slinu odvádějí ze sekrečních jednotek. Během těchto dodatečných úprav dochází ke vstřebání Na^+ a Cl^- a naopak k obohacení sliny o některé růstové a imunitní faktory a trávicí enzymy.

17 Dýchací systém

NOSNÍ DUTINA	353	Respirační bronchioly	362
Epitel dýchacích cest	354	Alveolární chodbičky	362
Čichový epitel	354	Alveoly	363
Vedlejší nosní dutiny	356	Regenerace alveolární výstelky	371
PHARYNX	357	CÉVNÍ ZÁSOBENÍ A INERVACE PLIC	372
LARYNX	357	PLEURA	372
TRACHEA	357	DÝCHACÍ POHYBY	373
BRONCHIÁLNÍ STROM A PLÍCE	358	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	373
Bronchy	359	TEST ZNALOSTÍ	374
Bronchioly	359		

Dýchací systém slouží k výměně O_2 a CO_2 mezi vzduchem a krví. Orgány dýchacího systému tvoří **plíce** a rozvětvený systém trubic, které spojují místa výměny plynů se zevním prostředím. Vzduch se plicemi pohybuje pomocí ventilačního mechanismu, který je společnou funkcí hrudního koše, mezižebních svalů, bránice a elastických složek plicní tkáně. Dýchací systém lze anatomicky rozdělit na horní a dolní část (obr. 17.1.). Systém má dva funkční oddíly:

- **dýchací cesty**, které se skládají z nosní dutiny, hltanu, hrtanu, průdušnice, průdušek (bronchů, z řec. *bronchos*), průdušinek (bronchiolů) a terminálních bronchiolů;
- **respirační oddíl**, kde probíhá hlavní funkce systému – výměna plynů. Skládá se z respiračních bronchiolů, alveolárních chodbiček (*ductus alveolares*) a z plicních alveolů.

Alveoly, klíčová místa výměny O_2 a CO_2 mezi vdechovaným vzduchem a krví, jsou malé vzduchem naplněné útvary podobné váčkům, které tvoří většinu struktury plic.

Dýchací cesty čistí a zvlhčují vdechovaný vzduch a představují dráhu pro pohyb vzduchu do a z alveolů. Kombinace chrupavky, kolagenních a elastických vláken a hladké svaloviny poskytují dýchacím cestám pevnou oporu i potřebnou ohebnost a roztažnost, aby bylo zajištěno nepřerušované zásobování vzduchem.

› NOSNÍ DUTINA

Levá i pravá část nosní dutiny má dvě části: zevní široké **vestibulum** a vnitřní vlastní **nosní dutinu**. Kůle nosu vstupující nozdrami (*nares*) do vestibula obsahuje potní i mazové žlázy a hrubé zvlhčené chlupy (*vibrissae*), které zachytávají větší částice z vdechovaného vzduchu. Ve vestibulu přechází vrstevnatý dlaždicový rohovějící epitel v typický víceřadý cylindrický epitel, který vystýlá vlastní nosní dutinu.

Nosní dutina se nachází uvnitř lebky v podobě dvou prostorných komor oddělených kostěným **nosním septem**. Z laterálních stěn se vyklenují tři kostěné výběžky (viz obr. 17.1.) zvané **konchy** nebo nosní skořepy. Sliznice, která pokrývá konchy i další části stěny nosní dutiny, zastává významné funkce v úpravách vdechovaného vzduchu. Husté cévní zásobení tvořící kapilární klíčky pod povrchovým epitelem přivádí hlavní proud krve proti směru proudu vdechovaného vzduchu, přičemž se uvolněným teplem vzduch ohřívá. Vzduch je zároveň zvlhčován řídkým sekretem malých seromucinózních žlázek. Tenká vrstva hlenu produkovaného těmito žlázkami a pohárkovými buňkami zachycuje z proudícího vzduchu korpuskulární i plynné nečistoty, které jsou pak odstraněny. Sekret obsahuje také imunoglobulin A (IgA) vytvářený plazmatickými buňkami v lamina propria.

Výstelku střední a dolní konchy tvoří epitel dýchacích cest; strop nosní dutiny a horní konchu pokrývá specializovaný čichový epitel.

Difúzní neuroendokrinní systém 435
 Štítná žláza 435
 Příštítná tělíska 438
 Epifýza 440
 Přehled klíčových pojmů 442
 Test znalostí 443

21 Mužský pohlavní systém 445

Varlata 445
 Intratestikulární vývody 455
 Vývodní pohlavní cesty 456
 Přidatné žlázy 458
 Penis 461
 Přehled klíčových pojmů 464
 Test znalostí 464

22 Ženský pohlavní systém 466

Vaječník 466
 Vejcovod 476
 Fertilizace 478
 Děloha 479

Implantace embrya, decidua a placenta 484
 Cervix 486
 Vagina 488
 Zevní pohlavní orgány 489
 Mléčná žláza 490
 Přehled klíčových pojmů 493
 Test znalostí 494

23 Oko a ucho: speciální smyslové orgány 496

Oko: fotorecepční systém 496
 Ucho: statoakustické ústrojí 515
 Přehled klíčových pojmů 528
 Test znalostí 529

DODATEK 531

ZKRATKY 533

OBRAZOVÁ DOKUMENTACE 535

REJSTŘÍK 537

Žebříček kvality
 Každá kapitola byla revidována a pokud možno
 chrystina, některé specifické části byly naopak podle
 postavy napsány. Studium těchto moderní vyhledávací
 zdrojů. Ve všech částech jsou vložené různé kvalitní od-
 stavec. Klinické příklady, které spojují význam pro-
 blemtého učiva s jeho aplikací v klinické medicíně.

Čtení schematických a ostatních ilustrací je přehled učením
 a provází poznatky s dalším studovanými materiá-
 li. Lékařské ilustrace nakladatelství McGraw-Hill,
 které jsou poskytnuty v textu, jsou nejrůznější, nejbo-
 hovější a nejhodnotnější z všech podobných zdrojů. Fotografie
 ze světelného a elektronového mikroskopu jsou
 v knize vlnící, kde je to potřebné, a vyvěřené upří-
 vědění buněk, tkání a stavby orgánů, které se zcela kry-
 jí s obvyklými kaptoly se všemi upřesněními a funkční-
 mi významnými detaily tkání. Všechny organogramy
 systematické jsou.
 Jako další materiál pro rychlou orientaci v textu, je
 zvládnutí vlnící a pro lepší vztahování jazykových
 Základní histologie vydali nakladatelství McGraw-
 Hill soubor 200 barevných karet Basic Histology Flash
 Cards autorů Anthonyho Moshera. Každá karta obs-
 huje přehled klíčových struktur pro identifikaci, spe-
 cifický detailů a funkcí v textu struktury a funkční
 komentář. Tato neordinární učební pomůcka je k do-
 stání ve formě souboru karet na Amazon.com nebo
 online jako aplikace pro smartphony nebo tablety na
 App Store.

Veríme, že díky velmi přehlednému předloženému
 a nové přídavným detailům budou úspěšnější Základní
 histologie i stále neobdobněji a nejvíce používa-
 nou učebnicí histologie. Vítejte všechny zřetelně zas-
 tu na jednotlivých i jakémkoliv stránce této knihy.

Anthony L. Mosher
 Indiana University School of Medicine
mosher@indiana.edu

POKOŽKA	377	NEHTY	389
Melanocyty	380	KOŽNÍ ŽLÁZY	390
Langerhansovy buňky	382	Mazové žlázy	390
Merkelovy buňky	383	Potní žlázy	392
ŠKÁRA	385	HOJENÍ RAN	393
PODKOŽNÍ VAZIVO	386	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	396
KOŽNÍ RECEPTORY	387	TEST ZNALOSTÍ	397
VLAS	387		

Kůže je největší orgán těla, tvoří 15–20 % celkové tělesné hmotnosti a v dospělosti zaujímá plochu 1,5–2 m². Kůže se skládá z **pokožky** (**epidermis**), epitelové vrstvy ektodermového původu, a ze **škáry** (**dermis**), vrstvy vaziva, která má původ v mezodermu (obr. 18.1.).

Spojení mezi dermis a epidermis je nerovné. Výběžky dermis, tzv. **dermální papily**, vyběhají proti výběžkům epidermis, tzv. **epidermálním lištám**. Toto uspořádání zvyšuje pevnost spojení těchto dvou vrstev.

Mezi deriváty epidermis patří vlasy, nehty, potní a mazové žlázy. Pod dermis se nachází **podkožní vazivo** (**hypodermis**) (řec. *hypo*, pod + *derma*, kůže) tvořené řídkým kolagenním vazivem, které často obsahuje polštářky vaziva tukového (*panniculus adiposus*).

Podkožní vazivo volně připojuje kůži k podkladu a anatomicky odpovídá povrchové fascii.

Funkce kůže můžeme rozdělit do několika kategorií.

- **Ochranná funkce:** Zajišťuje fyzikální bariéru proti teplotě a mechanickým vlivům (jako je např. tření) a proti většině potenciálních patogenů a jiných vlivů zevního prostředí. Mikroorganismy pronikající do kůže jsou rozpoznány zde přítomnými lymfocyty a buňkami prezentujícími antigen, které zahajují imunitní odpověď. Tmavý pigment melanin v epidermis chrání jádra buněk před ultrafialovým zářením. Kůže také tvoří bariéru bránící nadměrným ztrátám vody, díky čemuž je umožněn život na souši.

Zásadou selektivní propustnosti lze přes kůži lokálně aplikovat některé lipofilní látky, jako jsou např. steroidní hormony nebo jiná léčiva.

- **Senzitivní funkce:** Prostřednictvím různých typů senzitivních nervových zakončení kůže neustále monitoruje okolní prostředí a různé kožní mecha-

noreceptory zprostředkují informace generované při interakci těla s okolními předměty.

- **Termoregulační funkce:** Izolační složky kůže (např. tuková vrstva, vlasy na hlavě) a mechanismy urychlující tepelné ztráty (produkce potu a hustá povrchová kapilární síť) pomáhají udržet konstantní tělesnou teplotu.
- **Metabolická funkce:** Buňky kůže syntetizují vitamin D₃, který je nezbytný pro metabolismus vápníku a správný vývoj kostí. Vitamin D₃ vzniká v buňkách z prekursoru při lokálním ozáření UV paprsky. Přebytké ionty se vylučují potem a do podkožního vaziva se ukládá velké množství energie v podobě tuku.
- **Sexuální signalizace:** Mnohé vlastnosti kůže, jako jsou pigmentace a vlasy, jsou ukazatelé zdravotního stavu a hrají roli v přitažlivosti mezi pohlavími u všech obratlovců včetně člověka. Tuto přitažlivost umocňují rovněž pohlavní feromony produkované apokrinními a jinými kožními žlázami.

V kůži se běžně vyskytují dermoepidermální interdigitace (obr. 18.1.). Dobře vytvořené lišty a brázdy se nacházejí v silném typu kůže dlaní a chodidel, které jsou nejvíce vystaveny tření. Tyto lišty spolu s brázdami tvoří výrazné vzory, které jsou unikátní pro každého jedince. Vyskytují se jako různé kombinace klíček, oblouků a spirál, tzv. dermatoglyfy, zanechávající velmi charakteristické otisky prstů a chodidel.

Kůže je pružná, může se rychle roztáhnout, jako je tomu např. při otoku. Stejně jako střešní výstelka regeneruje kůže po celý život a po poranění se u zdravého člověka rychle zhojí.

Znalost molekulární podstaty hojení kůže se stále prohlubuje a poskytuje základ pro lepší pochopení procesu hojení a regenerace jiných orgánů.

LEDVINY	398
KREVNÍ OBĚH	399
FUNKCE LEDVIN: FILTRACE, SEKRECE A RESORPCE	401
Ledvinná tělíska a filtrace krve	402
Proximální stočený kanálek	406
Henleova klička	409

Distální stočený kanálek a juxtaglomerulární aparát	410
Sběrací kanálky	411

MOČOVODY, MOČOVÝ MĚCHÝŘ A MOČOVÁ TRUBICE	413
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	417
TEST ZNALOSTÍ	418

Močový systém se skládá z párových ledvin a močovodů, dále z močového měchýře a močové trubice. Hlavní úlohou močového systému je udržovat optimální složení krve, které je ledvinami nepřetržitě monitorováno. Tuto úlohu splňuje kombinace několika dílčích funkcí ledvin:

- Udržování rovnováhy mezi vodou a elektrolyty (rozpuštěnými anorganickými ionty) a udržování acidobazické rovnováhy.
- Vylučování (ekrece) zplodin metabolismu, nadbytečné vody a elektrolytů močí. Definitivní moč je exkrečním produktem odtékajícím močovody do močového měchýře, kde je dočasně shromažďována a odkud je následně odvedena močovou trubicí z těla ven.
- Ekrece řady látek s významnou biologickou aktivitou včetně léčiv.
- Sekrece **reninu**, což je proteolytický enzym, který se významně uplatňuje v regulaci krevního tlaku tím, že štěpí v krvi cirkulující angiotenzinogen na angiotenzin I.
- Sekrece **erythropoetinu**, což je glykoproteinový hormon s funkcí růstového faktoru, který podporuje tvorbu erytrocytů v červené kostní dřeni. Tvorbu a uvolňování erythropoetinu vyvolává snížený parciální tlak kyslíku v krvi.
- Přeměna steroidního prekurzoru vitamínu D, který původně vzniká v kůži a v játrech, na jeho aktivní formu (**1,25-dihydroxycholecalciferol**, **vitamin D₃** neboli **kalcitriol**).
- Glukoneogeneze, tj. novotvorba glukózy probíhající při hladovění a dlouhodobém nedostatku sacharidů v potravě. Glukóza zde vzniká z aminokyselin a ledviny tak doplňují obdobný proces probíhající v játrech.

➤ LEDVINY

U dospělého člověka mají ledviny fazolovitý tvar o délce přibližně 12 cm, šířce 6 cm a tloušťce 2,5 cm. Povrch ledvin je kryt tenkým vazivovým pouzdrzem (obr. 19.1.). Na mediální, konkávní straně ledviny (**hilu**) vstupují, resp. vystupují nervy, arterie, vény, mízní cévy a močovod. Uvnitř hilu se horní konec močovodu rozšiřuje v **ledvinnou pánevku**, která se větví na 2–3 **kalichy**. Dalším větvením kalichů vznikají ledvinné kalíšky. Ledvinná pánevka a kalichy jsou obklopeny tukovým vazivem.

Parenchym ledviny se skládá z vnější tmavší **kůry**, která obsahuje četná kulovitá ledvinná tělíska a kanálky, a vnitřní **dřeně**, která obsahuje především rovnoběžně uspořádané kanálky a vývody (obr. 19.1.). Dřeň ledviny člověka je tvořena 8–15 kuželovitými **ledvinnými pyramidami**, jejichž základny jsou přivráceny ke kůře v oblasti tzv. kortikomedulární juncce. Pyramidy jsou vzájemně od sebe odděleny výběžky kůry, které se nazývají korové renální sloupce (*columnae renales*). Každá pyramida tvoří společně s příslušnou oblastí kůry (směrem od báze pyramidy k povrchu a rovněž oblast sloupců podél pyramidy) funkční jednotku, **lalok** (*lobus renalis*). Rovněž každé uspořádané kanálky a vývody, které vyzařují z dřeně směrem do kůry, nazýváme dřeňové paprsky. Tyto paprsky tvoří spolu s přilehlými oblastmi kůry jednotky zvané ledvinné lalůčky (lobuly). Hrotem každé dřeňové pyramidy je **ledvinná papila**, která vyčníhá do prostoru kalíšku, kam odvádí moč vytvořenou v systému kanálků jednoho ledvinného laloku (obr. 19.1.).

Každá ledvina obsahuje 1–4 miliony funkčních jednotek zvaných **nefrony** (obr. 19.2.). Nefron je složen z ledvinného tělíska a z dlouhého jednoduchého

20 Endokrinní žlázy

HYPOFÝZA

Hypotalamo-hypofyzární systém a jeho krevní oběh	422
Přední lalok hypofýzy (adenohypofýza)	423
Kontrola hormonální sekrece v předním laloku hypofýzy	426
Zadní lalok hypofýzy (neurohypofýza)	427

NADLEDVINY

Kůra nadledviny	430
Dřeň nadledviny	431

419

LANGERHANSOVY OSTRŮVKY

431

DIFÚZNÍ NEUROENDOKRINNÍ SYSTÉM

435

ŠTÍTNÁ ŽLÁZA

435

Produkce hormonů štítné žlázy

a její kontrola

436

PŘÍŠTÍTNÁ TĚLÍSKA

438

EPIFÝZA

440

PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ

442

TEST ZNALOSTÍ

443

Sekreční buňky endokrinních žláz uvolňují své působky, označované jako **hormony**, do přilehlých kapilár; krev zajišťuje distribuci těchto signálních molekul po celém těle. Proto na rozdíl od exokrinních žláz nemají endokrinní žlázy žádné vývody. Většinu endokrinních žláz tvoří epitelové buňky (velice často uspořádané do trámčů). Vedle endokrinních žláz popsaných v této kapitole vykazují endokrinní aktivitu i jiné orgány, vykonávající další funkce, jako např. srdce, brzlík, střevo, ledviny, testis a ovaria (obr. 20.1.).

Hormony působí pouze na cílové buňky vybavené specifickými receptory. Distribuce působků prostřednictvím cirkulace umožňuje regulovat aktivitu i vzdálených tkání. Jak bylo stručně zmíněno v kap. 2, některé endokrinní buňky produkují signální molekuly, které působí pouze na nepřímě vzdálené cílové buňky. Takové využívají při své signalizaci **parakrinní** sekreci s krátkým dosahem a lokálním šířením hormonu v intersticiální tekutině nebo pomocí krátkých cévních klíčků, např. u gastrinu produkovaného pylorickými G-buňkami s dosahem na cílové buňky ve žlázkách fundu. Při **juxtakrinní** sekreci zůstávají signální molekuly na povrchu sekrečních buněk nebo v přilehlé extracelulární matrix a cílové buňky se aktivují pouze tehdy, když jsou se sekrečními buňkami v kontaktu. Juxtakrinní signalizace je zvláště důležitá pro interakce v embryonální a regenerující tkáni. Při **autokrinní** sekreci produkují buňky molekuly, kterými působí přímo samy na sebe nebo na buňky stejného typu. Například IGF (*insulin-like growth factor*, růstový faktor podobný inzulinu) produkovaný několika typy buněk může působit na stejné buňky, kte-

ré jej produkují. Endokrinní žlázy jsou často cílovými orgány pro jiné hormony, což umožňuje vytvořit zpětnou vazbu pro kontrolu hormonální sekrece a udržovat koncentraci hormonu v krvi v přesných mezích.

Molekuly hormonů stejně jako neurotransmiterů jsou často hydrofilní; jde o proteiny, glykoproteiny, peptidy nebo modifikované aminokyseliny, které se vážou na receptory na povrchu cílových buněk. Naproti tomu hydrofobní steroidy a hormony štítné žlázy cirkulují ve vazbě na transportní protein, samy však difundují buněčnými membránami a aktivují cytoplazmatické receptory cílových buněk (viz kap. 2).

› HYPOFÝZA

Hypofýza (řec. *hypo*, pod + *physis*, růst), **glandula pituitaria**, váží u dospělého cca 0,5 g a její rozměry dosahují přibližně 10×13×6 mm. Nachází se na bázi lebni v tureckém sedle kosti klínové (obr. 20.2.). V průběhu embryonálního vývoje vzniká hypofýza ze dvou základů (obr. 20.3.). Základem neurohypofýzy je výchlíпка, která roste dolů z báze budoucího diencefala jako stopka (infundibulum) a zůstává připojena k mozku. Základ adenohypofýzy vyrůstá jako výchlíпка ektodermu ze stropu primitivní dutiny ústní kranialně a vytvoří strukturu nazvanou **Rathkeho** (hypofyzární) **výchlíпка**. Stopka této výchlíпки se zužuje, až se nakonec od primitivní dutiny ústní oddělí. Buněčnou proliferací její přední stěna zbytní a lumen výchlíпки se zuží na malou šterbinu. (obr. 20.3.).

Pro svůj dvojitý původ tvoří hypofýzu v podstatě dvě žlázy: **neurohypofýza** – zadní lalok, *pars posterior*, kte-

21

Mužský pohlavní systém

Vědci s vámi

VARLATA	445
Intersticiální tkáň varlete	446
Semenotvorné kanálky	447
Spermatogeneze	447
Klonální charakter mužských zárodečných buněk	451
Spermiogeneze	453
Sertolliho buňky	454
INTRATESTIKULÁRNÍ VÝVODY	455
VÝVODNÍ POHLAVNÍ CESTY	456

Nadvarle	456
Chámovod	457
PŘÍDATNÉ ŽLÁZY	458
Semenné váčky	458
Předstojná žláza	459
Bulbouretrální žlázy	461
PENIS	461
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	464
TEST ZNALOSTÍ	464

Mužský pohlavní systém se skládá z varlat, vývodních pohlavních cest, přídatných žláz a penisu (obr. 21.1.). Varlata produkují spermie, ale také obsahují endokrinní buňky, jejichž hormony (např. testosteron) řídí fyziologii mužské reprodukce. Testosteron je důležitý pro spermatogenezi, pohlavní diferenciaci během embryonálního a fetálního vývoje a řízení sekrece gonadotropinů v hypofýze. Metabolit testosteronu dihydrotestosteron začíná v pubertě působit na další tkáň (např. mužské přídatné žlázy a vlasové folikuly).

Vývodní pohlavní cesty a přídatné žlázy produkují sekret potřebný pro aktivitu spermií a kontrakci stěny jej spolu se spermiemi dopravují ven z močové trubice. Tento sekret také obsahuje výživné látky pro spermie během jejich pobytu v mužských pohlavních cestách. Spermie a sekret přídatných žláz tvoří **semeno** (sperma), které je do ženského pohlavního ústrojí zaváděno prostřednictvím penisu.

VARLATA

Varle (*testis*) je obaleno pouzdrem z hustého kolagenního vaziva, **tunica albuginea**, které se na zadní straně varlete zesiluje v **mediastinum testis**. Z něj pronikají do nitra orgánu vazivová septa a člení ho na asi 250 pyramidových lalůčků, **lobuli testis** (obr. 21.2. a 21.3.). Lalůček obsahuje řídké kolagenní vazivo, v němž jsou rozptýleny endokrinní **intersticiální buňky** (**Leydigovy buňky**) produkující testosteron. Dále lalůček obsahuje jeden až čtyři mnohonásobně

stočené **semenotvorné kanálky** (*tubuli seminiferi contorti*), v nichž probíhá produkce spermií.

Varlata se vyvíjejí retroperitoneálně v zadní části embryonální břišní dutiny a během fetálního vývoje sestupují zavěšena na konci semenných provazců do skrota (obr. 21.2.). Během sestupu z břišní dutiny si každé varle s sebou nese serózní vak, **tunica vaginalis**, odvozený z peritonea. **Tunica vaginalis** má zevní parietální list, který vystýlá skrotum, a vnitřní viscerální list, který kryje vpředu a po stranách **tunica albuginea** varlete (obr. 21.2.).

Jelikož se některé molekulární děje v procesu tvorby spermií vyvinuly během fylogeneze už u ekto-termních živočichů, nemohou probíhat při teplotě tělesného jádra 37 °C. Příznivá teplota kolem 34 °C je v šourku udržována pomocí následujících mechanismů. Testikulární arterie je opředena bohatou **venózní** pletení **plexus pampiniformis**, jíž odchází chladnější krev z varlete a která plní funkci protiproudového tepelného výměníku a ochlazuje arteriální krev. Odpařování potu z povrchu skrota rovněž přispívá k tepelným ztrátám. A relaxace a kontrakce tenké **tunica dartos** skrota a **musculus cremaster** semenného provazce přesunují varlata blíže k tělu či dále od něj, což umožňuje další regulaci jejich teploty.

KLINICKÁ POZNÁMKA

Nadměrné jednostranné či oboustranné nahromadění serózní tekutiny v *cavum serosum scroti*,

VAJEČNÍK	466	IMPLANTACE EMBRYA, DECIDUA A PLACENTA	484
Časný vývoj vaječnicku	466	CERVIX	486
Ovariální folikuly	467	VAGINA	488
Růst a vývoj folikulů	469	ZEVNÍ POHLAVNÍ ORGÁNY	489
Atrézie folikulů	471	MLÉČNÁ ŽLÁZA	490
Ovulace a její hormonální regulace	472	Stavba mléčné žlázy v období puberty	490
Corpus luteum	473	Mléčná žláza během těhotenství a laktace	490
VEJCOVOD	476	Postlaktanční regrese mléčné žlázy	493
FERTILIZACE	478	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	493
DĚLOHA	479	TEST ZNALOSTÍ	494
Myometrium	479		
Endometrium	479		
Menstruační cyklus	480		

Ženský pohlavní systém tvoří párové vaječnický a vejcovody, děloha, pochva a zevní pohlavní orgány (obr. 22.1.). Tato soustava zajišťuje produkci ženských pohlavních buněk (**oocytů**), optimální prostředí pro fertilizaci a vývoj jedince v embryonálním a fetálním období až do narození. Podobně jako mužské pohlavní žlázy i vaječnický produkují steroidní pohlavní hormony, které regulují činnost orgánů ženského pohlavního systému a ovlivňují další orgány. S nástupem **menarche**, kdy se objeví první menstruace, prodlévá pohlavní systém cyklické měsíční strukturální a funkční změny, které jsou řízeny neurohumorálními mechanismy. **Menopauza** je období s variabilním počátkem, během něhož se cyklické změny stávají nepravidelnými a nakonec ustanou. V postmenopauzálním období dochází k postupné involuci pohlavních orgánů. Přestože mléčná žláza nepatří k pohlavnímu systému, je do této kapitoly zahrnuta, protože prochází změnami, které jsou přímo spojeny s funkčním stavem pohlavních orgánů.

▶ VAJEČNÍK

Vaječnický (*ovaria*) mají tvar oploštělého ovoidu o rozměrech přibližně $3 \times 1,5 \times 1$ cm. Na povrchu vaječnicku je jednovrstevný kubický epitel (historicky označova-

ný jako zárodečný), který v hilu přechází v mezotel; pod epitelem je **tunica albuginea**, kterou na rozdíl od varlete tvoří pouze tenká vrstva hustého kolagenního vaziva. Převážnou část vaječnicku ženy v reprodukčním období zaujímá **kúra** složená z vazivového stromatu bohatého na buňky a početných **ovariálních folikulů** různé velikosti (obr. 22.1.). Většinu vnitřní části vaječnicku zaujímá **dřeň**, kde se nacházejí v řídkém kolagenním vazivu s větším množstvím vláken krevní cévy, které vstupují z mesovaria do orgánu v oblasti hilu (obr. 22.1. a 22.2.). Hranice mezi kúrou a dřeňí je nezřetelná.

Časný vývoj vaječnicku

V prvním měsíci embryonálního vývoje migruje ze stěny žloutkového vakuu malá populace **prvopohlavních buněk** do základu pohlavní žlázy, kde se dělí a diferencuje v **oogonie**. Vyrývající se vaječnický embrya v druhém měsíci obsahují okolo 600 000 oogonií a jejich počet se zvyšuje do pátého fetálního měsíce až na 7 milionů. Začátkem třetího měsíce vstupují první oogonie do profáze prvního meiotického dělení, které je zastaveno po dokončené synapsi a rekombinaci a dále již nepokračuje (viz kap. 3). Tyto buňky se zastavenou meiózou se označují jako **primární oocyty** (řec. *oon*, vajíčko + *kytos*, buňka). Každý pri-

Oko a ucho: speciální smyslové orgány

OKO: FOTORECEPČNÍ SYSTÉM

Tunica fibrosa	497
Tunica vasculosa	501
Čočka	503
Sklivec	506
Sítnice	506
Přídavné struktury oka	513

UCHO: STATOAKUSTICKÉ ÚSTROJÍ

Zevní ucho	515
Střední ucho	501
Vnitřní ucho	517

PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ

TEST ZNALOSTÍ

Informace o vnějším světě jsou přenášeny do centrálního nervového systému z **receptorů smyslových orgánů**. Chemorecepční buňky pro chuť a čich byly probrány u zažívacího a dýchacího systému (viz kap. 15 a 17) a různé mechanoreceptory zprostředkující vnímání dotyku byly popsány u kůže (viz kap. 18). Tato kapitola se zabývá okem, jak jeho fotoreceptory, tak jeho pomocnými strukturami, a uchem, které zprostředkuje vnímání rovnováhy a sluch pomocí mechanoreceptorů vestibulokochleárního aparátu.

OKO: FOTORECEPČNÍ SYSTÉM

Oko (obr. 23.1.) jako orgán zraku umožňuje vnímání intenzity a barvy světla odraženého od objektů a současně zpracovává informace přenášené světlem. Oko je uloženo v orbitě, která je vystlána tukovým polštářem. **Zevní** vrstvu oční koule tvoří tuhá vrstva hustého kolagenního vaziva, která udržuje celkový tvar. Uvnitř oka se nacházejí průhledné vrstvy, které lámou světlo a zaostřují obraz, a systém neuronů, které sbírají, zpracovávají a přenášejí zrakové informace do mozku. Každé oko se skládá ze tří koncentricky uspořádaných vrstev (tab. 23.1.):

- ze zevní tuhé **tunica fibrosa** sestávající z **bělimy (sclera)** a průhledné **rohovky (cornea)**;
- ze střední vrstvy, **živnatky (uvea)**, která zahrnuje **cévnatku (choroidea)**, **řasnaté těleso (corpus ciliare)** a **duhovku (iris)**;

- z vnitřní senzoricke vrstvy, **sítnice (retina)**, která komunikuje s mozkem prostřednictvím vřadu uloženeho **optického nervu** (obr. 23.1.).

Čočka není součástí vrstev stěny oka. Jde o dokonale průhlednou bikonvexní strukturu fixovanou na svém místě pomocí vláken **zonula ciliaris**, která ji připojuje k řasnatému tělesu, a těsným přiložením její zadní plochy ke sklivci. **Duhovka** jako pigmentovaný (světlo nepropouštějící) výběžek **tunica vasculosa** částečně kryje přední povrch čočky; její centrální otvor nazývaný **zornice** reguluje množství světla vstupující do oka (obr. 23.1.).

Vzhledem ke svému umístění v předním segmentu oka jsou duhovka a čočka omývány čirým **humor aqueus (komorová voda)**, který vyplňuje jak **přední komoru oční** mezi rohovkou a duhovkou, tak **zadní komoru oční** mezi duhovkou a čočkou (obr. 23.1.). **Humor aqueus** protéká skrz zornici, která spojuje obě komory.

Sklivcová dutina leží za čočkou a jejím závěsným aparátem; většinu prostoru sklivcové dutiny ohraničuje sítnice. Obsahuje průhlednou rosolovitou substanci označovanou jako **sklivec (corpus vitreum)**.

Následující důležité aspekty embryonálního vývoje oka znázorňuje obr. 23.2.

- U čtyřtýdenního embrya se po obou stranách předního mozku vyklenuje epitelový **oční váček** a poté se prodlužuje do stopky nesoucí **oční pohárek** (obr. 23.2a.).
- Interakce mezi očním pohárkem a povrchovým ektodermem nad ním vede k invaginaci ektoder-

PŘÍPRAVA TKÁNÍ PRO STUDIUM	1	AUTORADIOGRAFIE	8
Fixace	1	BUNĚČNÉ A TKÁŇOVÉ KULTURY	9
Zalévání a krájení	2	ENZYMOVÁ HISTOCHEMIE	10
Barvení	3	VIZUALIZACE SPECIFICKÝCH MOLEKUL	11
SVĚTELNÁ MIKROSKOPIE	4	Imunohistochemie	12
Konvenční světelná mikroskopie	4	Hybridizační techniky	13
Fluorescenční mikroskopie	5	INTERPRETACE STRUKTUR V TKÁŇOVÝCH ŘEZECH	14
Mikroskopie s fázovým kontrastem	5	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	16
Konfokální mikroskopie	7	TEST ZNALOSTÍ	17
Polarizační mikroskopie	7		
ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE	7		
Transmisní elektronová mikroskopie	7		
Skenovací elektronová mikroskopie	8		

Histologie je nauka o tkáních těla a jejich uspořádání v rámci stavby orgánů. Tento předmět zahrnuje všechny aspekty tkáňové biologie se zaměřením na to, jak struktura a uspořádání buněk optimalizuje specifické funkce každého orgánu.

Tkáně mají dvě interagující složky: buňky a mezibuněčnou hmotu (extracelulární matrix, ECM). Mezibuněčná hmota se skládá z mnoha druhů makromolekul, z nichž většina tvoří komplexní struktury, např. kolagenní fibrily. Je oporou pro buňky a obsahuje tekutinu, která transportuje živiny k buňkám a odvádí od nich odpadní látky a produkty sekrece. Buňky produkují mezibuněčnou hmotu do svého okolí a zpětně jsou molekulami matrix silně ovlivňovány. Mnohé složky matrix se vážou na specifické povrchové receptory buněk, které prostupují buněčnými membránami a připojují se ke strukturálním složkám v buňce. Vytváří se tak návaznost a dobrá koordinace funkcí buněk a ECM.

Buňky a mezibuněčná hmota se během vývoje funkčně specializují a vznikají tak základní typy tkání s charakteristickými strukturálními vlastnostmi. Orgány se tvoří kombinováním těchto tkání a jejich precizní uspořádání umožňuje fungování každého orgánu a organismu jako celku.

Pro malou velikost buněk a složek matrix je nutné používat v histologii mikroskopy a molekulární metody. Pokroky v biochemii, molekulární biologii, imunologii a patologii jsou zásadní pro lepší poznání biologie tkání. Seznámení se s prostředky a metodami

každého odvětví vědy je nezbytné pro pochopení předmětu. Tato kapitola uvádí přehled běžných metod používaných při studiu buněk a tkání.

» PŘÍPRAVA TKÁNÍ PRO STUDIUM

Nejvíce používaným postupem v histologii je příprava tkáňových řezů pro pozorování v procházejícím světle. Většina tkání a orgánů je příliš silná pro průnik světla, proto se z nich krájejí tenké, průsvitné řezy, které se kladou na podložní sklíčka pro mikroskopické pozorování vnitřních struktur.

Ideální mikroskopická příprava uchovává v tkáních na podložním sklíčku strukturální vlastnosti shodné s těmi, které vykazovaly v živém organismu. To však není úplně jednoduché, protože během zpracování může dojít např. k odstranění lipidů z buněk a zřetelnému zkreslení buněčné struktury. Základní kroky používané při zpracování tkání pro světelnou mikroskopii znázorňuje obr. 1.1.

Fixace

K uchování struktury a zabránění degradace působením enzymů uvolněných z buněk (autolýza) či mikroorganismů (hniloba) se kousky orgánů co nejdříve po vyjmutí z těla vkládají do roztoků stabilizujících precipitačních nebo denaturačních směsí zvaných

BUNĚČNÁ DIFERENCIACE	18
BUNĚČNÁ MEMBRÁNA	18
Transmembránové proteiny a membránový transport	21
Vezikulární transport: endocytóza a exocytóza	22
Příjem a transdukcce signálu	27
BUNĚČNÉ ORGANELY	28
Ribosomy	29
Endoplazmatické retikulum	30
Golgiho aparát	33
Sekreční granula	33

Lyzosomy	33
Proteasomy	36
Mitochondrie	37
Peroxisomy	42
CYTOSKELET	42
Mikrotubuly	43
Mikrofilamenta (aktinová filamenta)	46
Intermediární filamenta	48
INKLUZE	49
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	53
TEST ZNALOSTÍ	55

Buňky společně s extracelulárním materiálem vytvářejí tkáň, z nichž se skládají orgány mnohobuněčných živočichů. Samotné buňky jako nejmenší živé částky těla tvoří základní strukturní a funkční jednotky všech tkání. Živočišné buňky jsou eukaryotické a skládají se z jádra ohraničeného membránou, které obklopuje **cytoplazma** obsahující membránové organely, cytoskelet a další součásti. Struktura prokaryotických buněk, např. bakterií, je odlišná v tom, že postrádají membránou ohraničené jádro a v cytoplasmě membránové organely, mají však kolem cytoplazmatické membrány ještě buněčnou stěnu.

► BUNĚČNÁ DIFERENCIACE

Lidské tělo se skládá ze stovek různých typů buněk, jež jsou všechny odvozeny ze zygoty, buňky vzniklé splynutím spermie a oocyty při oplození. Mitózami zygoty v průběhu rýhování vznikají deřinové buňky zvané **blastomery**, z nichž část jako embryoblast dá posléze vzniknout všem tkáním plodu. Explantací buněk embryoblastu jsou získávány **embryonální kmenové buňky**. Buňky zárodku a plodu záhy vstupují do specializačního procesu, označovaného jako **diferenciace**. V jeho průběhu jsou v buňkách exprimovány různé sady genů, jež regulují a modifikují buněčné funkce a aktivity tak, aby je specializovaná buňka vykonávala velmi efektivně. Specializace buňky bývá často spojena se změnou jejího tvaru, což názorně

ilustrují prekurzorové buňky pro myocyty, jež se prodlužují ve vláknité elementy obsahující různé velké komplexy aktinu a myosinu. I když jsou aktivová a myosinová filamenta přítomna ve všech živočišných buňkách, jedině specializované svalové buňky dokážou pomocí těchto proteinů přeměňovat chemickou energii na kontrakci.

Přehled hlavních funkcí, zastávaných specializovanými buňkami těla, podává tab. 2.1. Je třeba zmínit, že uvedené funkce mohou zčásti zastávat i jiné somatické buňky, avšak pouze specializované buňky díky diferenciaci získaly schopnost vykonávat jednu či více funkcí v celém rozsahu. Důležitou úlohu má také vnitřní prostředí buňky, jehož změny za normálních nebo patologických podmínek způsobují, že stejné buňky se mohou lišit svými vlastnostmi a aktivitou. Různé může být i chování strukturně si velmi podobných buněk, jestliže nemají stejné receptory pro signální molekuly, jakými jsou hormony nebo složky extracelulární matrix (ECM). Tak například fibroblasty prsu a hladké svalové buňky dělohy vykazují kvůli odlišným receptorům mimořádnou senzitivitu vůči ženským pohlavním hormonům, zatímco většina ostatních fibroblastů a buněk hladkého svalstva na tyto signály nereaguje.

► BUNĚČNÁ MEMBRÁNA

Buněčná membrána (cytoplazmatická membrána nebo plasmalemma), která obaluje každou eukaryo-

SOUČÁSTI JÁDRA

Jaderný obal
Chromatin
Jadérko

56

56

57

59

BUNĚČNÝ CYKLUS

61

MITÓZA

64

KMENOVÉ BUŇKY A OBNOVA TKÁNÍ

67

MEIÓZA

68

APOPTÓZA

69

PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ

72

TEST ZNALOSTÍ

73

Jádro obsahuje DNA, která nese informaci pro všechny enzymy a další bílkoviny (proteiny), a lze jej tedy považovat za řídicí strukturu buňky. Jádro také obsahuje molekulární aparát zajišťující replikaci DNA a dále syntézu a úpravu všech typů RNA. V interfázi je na povrchu jádra zformován jaderný obal. Póry, které jsou v něm, umožňují regulovanou výměnu molekul mezi jádrem a cytoplazmou. Molekuly RNA přestupují z jádra do cytoplazmy, kde plní svou úlohu při syntéze bílkovin, naopak bílkoviny nutné pro procesy, které se odehrávají v jádře, vstupují z cytoplazmy do jádra. Kvůli tomu, že proteosyntéza probíhá pouze v cytoplasmě, nemohou se nově vytvořené RNA molekuly zapojit do translace dříve, než prodělají kompletní modifikaci.

➤ SOUČÁSTI JÁDRA

Jádro se obvykle jeví jako velká kulovitá či protáhlá struktura často umístěná uprostřed buňky (obr. 3.1.). Jádro je největší strukturou v buňce a je tvořeno **jaderným obalem**, který v sobě uzavírá **chromatin**. Chromatin je složen z DNA a přidružených proteinů. Jádro obsahuje také jednu či více specializovaných oblastí chromatinu označovaných jako **jadérka**. Tvar i velikost buněčného jádra je pro daný typ buňky víceméně uniformní.

Jaderný obal

Jaderný (jadrový) obal představuje selektivně propustnou bariéru mezi jádrem a cytoplazmou. Elektronová mikroskopie odhalila, že jaderný obal je tvořen dvěma koncentrickými membránami vzájemně od sebe oddělenými úzkým (35–50 nm) prostorem zvaným **perinukleární cisterna** (obr. 3.2. a 3.3.). Perinukleární

cisterna a vnější membrána jaderného obalu navazují na cisterny a membránu drsného endoplazmatického retikula. Vnitřní membrána jaderného obalu přivrácená k buněčnému jádru je napojena na vysoce organizovanou síť bílkovin vytvářející **jadernou laminu** (obr. 3.4.), kterou tvoří intermediární filamenta, tzv. **laminy**. Stabilizují jaderný obal vazbou na membránové proteiny a jsou připojeny k chromatinu v buňkách, které se nedělí.

Vnitřní a vnější membrány jaderného obalu jsou přemostěny **jadernými póry** (obr. 3.2.–3.6.). Jaderné póry tvoří 8 **nukleoporinů** uspořádaných do kruhu kolem každého póru. Zatímco malé molekuly a ionty volně procházejí jadernými póry prostou difúzí, vstup makromolekul přes jaderné póry je obousměrně regulován. Rostoucí buňka má přibližně 3000 až 4000 jaderných pórů, z nichž každý může přenést až 1000 makromolekul za sekundu. Jednotlivé jaderné póry umožňují současně přenos molekul v obou směrech. Makromolekuly přenášené přes póry z jádra do cytoplazmy jsou zejména podjednotky ribosomů a molekuly různých typů RNA navázané na bílkoviny. Naopak z cytoplazmy do jádra jsou přenášeny převážně strukturální a regulační proteiny chromatinu, proteiny pro stavbu ribosomů, transkripční faktory a enzymy. Podobně jako tomu je při transportu proteinů přes membránu drsného endoplazmatického retikula, pro přestup přes jaderné póry musejí být proteiny vybaveny specifickou jadernou exportní sekvencí (pro cestu ven z jádra) či jadernou lokalizační sekvencí (pro cestu do jádra). Tyto sekvence zprostředkují vazbu s transportními proteiny (importiny, exportiny a dalšími), které pak díky své interakci s proteiny jaderných pórů zajišťují transport přes jaderný obal. Energie pro tento transport je získávána z guanosin 5'-trifosfátu (GTP), přičemž specifické GTPázy pomáhají transport nasměrovat.

OBCENÁ CHARAKTERISTIKA EPITELOVÝCH BUNĚK

Bazální membrána	74
Spojení epitelových buněk	76

SPECIALIZACE APIKÁLNÍHO POVRCHU BUNĚK

Mikrokly	80
Stereocilie	82
Řasinky	82

DRUHY EPITELŮ

Krycí epitely	83
Žlázový epitel	87

TRANSPORT LÁTEK PŘES EPITEL**OBNOVA EPITELOVÝCH BUNĚK****PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ****TEST ZNALOSTÍ**

Orgány lidského těla jsou, navzdory své složitosti, tvořeny pouze čtyřmi základními typy tkání: epitelovou, pojivovou, svalovou a nervovou. Každá tkáň je souborem podobně specializovaných buněk sdružených k vykonávání určité funkce. Základní tkáň tvořené buňkami a mezibuněčnou hmotou (extracelulární matrix, ECM) se kombinují v různých proporcích a vytvářejí morfologii charakteristickou pro každý orgán. Hlavní znaky základních typů tkání jsou shrnuty v tab. 4.1.

Pojivová tkáň je charakterizována buňkami, které produkují velké množství ECM; svalová tkáň je složena z protáhlých buněk, jejichž specializovanou funkcí je kontrakce; nervová tkáň se skládá z buněk opatřených dlouhými tenkými výběžky, jejichž úkolem je přijímat, vytvářet a předávat nervové vzruchy. Většina orgánů může být rozdělena na **parenchym**, který je složen z buněk odpovědných za specializované funkce orgánu, a **stroma**, jehož buňky mají v orgánu podpůrnou funkci. S výjimkou mozku a míchy je stroma vždy tvořeno vazivem.

Epitely jsou složeny z těsně seskupených polyedrických buněk přiléhajících k sobě a nepatrného množ-

ství ECM, tvoří buněčné vrstvy, které vystylají duté orgány a pokrývají povrch těla. Epitely (fec. *epi*, na + *thele*, bradavka) ohraničují všechny zevní a vnitřní povrchy těla a veškeré látky, které vstupují do orgánu nebo jej opouštějí, musejí projít skrze tento typ tkáně.

Základní funkce epitelových tkání jsou následující:

- krycí či výstelková, ochranná (např. epidermis);
- resorpce (např. výstelka střeva);
- sekrece (např. buňky žlázového parenchymu).

Buňky některých epitelů jsou schopny kontrakce (myoepitelové buňky) nebo jsou specializovány pro vnímání určitých podnětů, např. buňky chuťových pohárků nebo čichového epitelu.

» OBCENÁ CHARAKTERISTIKA EPITELOVÝCH BUNĚK

Tvar i velikost epitelových buněk jsou značně variabilní od vysokých **cyklindrických** přes **kubické** k nízkým **dlaždicovým** elementům. Velikost a morfologie buněk je dána jejich funkcí. Jádra epitelových buněk se liší svým tvarem, mohou být oválná, kulatá nebo

TAB. 4.1. Hlavní charakteristiky čtyř základních typů tkání

Tkáň	Buňky	Extracelulární matrix	Hlavní funkce
Epitelová	těsně přiléhlé polyedrické buňky	malé množství	ohraničení povrchu nebo tělních dutin; sekrece
Pojivová	několik typů usedlých nebo bloudivých buněk	značné množství	podpora a ochrana tkání/orgánů
Svalová	protáhlé kontraktilní buňky	menší množství	silná kontrakce; pohyby
Nervová	protáhlé buňky s extrémně tenkými výběžky	velmi malé množství	přenos nervových vzruchů

5 Vazivo

BUŇKY VAZIVA	99
Fibroblasty	101
Adipocyty	102
Makrofágy a mononukleární fagocytární systém	102
Žírné buňky	102
Plazmatické buňky	104
Leukocyty	105
VAZIVOVÁ VLÁKNA	106
Kolagenní vlákna	106

Retikulární vlákna	109
Elastická vlákna	112
ZÁKLADNÍ HMOTA	113
TYPY VAZIVA	117
Kolagenní vazivo	118
Retikulární vazivo	121
Rosolovitě vazivo	121
PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	122
TEST ZNALOSTÍ	123

Vazivo poskytuje buňkám oporu, spojuje buňky a tkáň dohromady a podílí se tak na utváření orgánů. Intersticiální tekutina vaziva poskytuje buňkám metabolickou podporu a umožňuje difúzi živin a odpadních látek.

Na rozdíl od dalších typů tkání (epitelová, svalová a nervová), které jsou tvořeny převážně buňkami, představuje hlavní složku vaziva **mezibuněčná hmota (extracelulární matrix, ECM)**. Mezibuněčnou hmotu tvoří různé kombinace vazivových vláken (kolagenní, retikulární a elastická vlákna) a **základní hmoty**. Základní hmota je komplexem hydrofilních proteoglykanů, glykosaminoglykanů (GAG) a multiadhezivních glykoproteinů (laminin, fibronektin a další). Jak bylo stručně popsáno v kap. 4 u bazální laminy, tyto glykoproteiny pomáhají stabilizovat ECM vazbou k dalším složkám a integrinům buněčné membrány. Voda je podstatnou součástí základní hmoty a umožňuje výměnu živin, metabolitů a odpadních látek mezi buňkami a krevním zásobením.

Různé typy vaziva v našem těle odrážejí rozdíly v uspořádání a v množství buněk, vláknité složky a základní hmoty, které jsou společně zodpovědné za pozoruhodnou strukturální a funkční rozmanitost vaziva.

Vazivo pochází z embryonálního **mezenchymu**, který se vyvíjí zejména ze střední zárodečné vrstvy embrya, mezodermy. (Pozn. překladatele: Některé druhy vaziva vznikají jako ektomezenchym, a pocházejí tedy z ektodermy.) Buňky mezodermy vycestovávají z místa svého vzniku v embryu, aby pronikly do vyvíjejících se orgánů a obklopily je. Kromě tvorby všech typů kolagenního vaziva a specializovaných podpůrných tkání, jakými je kost a chrupavka, je embryonální mezenchym důležitým zdrojem pro krev-

tvorné buňky, hladkou svalovinu i cévní výstelku. Mezenchym je tvořen převážně viskózní základní hmotou s malým obsahem kolagenních vláken (obr. 5.1.). **Mezenchymové buňky** jsou nediferencované a mají velké jádro s jemným chromatinem a výrazným jádérkem. Často bývají popisovány jako »vřetenovité«, neboť jejich cytoplazma vyběhává ve dva nebo více cytoplazmatických výběžků. Tato kapitola se věnuje popisu vaziva.

»»KLINICKÁ POZNÁMKA

Některé mezenchymové buňky jsou multipotentními kmenovými buňkami potenciálně využitelnými v regenerativní medicíně pro transplantaci buněk za účelem náhrady poškozené tkáně. V některých druzích vaziva přetrvávají buňky podobné mezenchymovým do dospělosti, např. v zubní pulpě a tukové tkáni; proto se tyto tkáně zkoumají jako možné zdroje kmenových buněk pro regeneraci orgánů a terapeutickou reparaci.

» BUŇKY VAZIVA

Fibroblasty jsou klíčovými buňkami kolagenního vaziva (obr. 5.2. a tab. 5.1.). Vznikají z mezenchymových buněk a jsou trvalou složkou vaziva (fixní buňky vaziva). Jiné buňky, které se ve vazivu nacházejí, jako **makrofágy, plazmatické buňky a žírné buňky**, pocházejí z hemopoetické kmenové buňky kostní dřeně; tyto buňky cirkulují krví a teprve poté vystupují do vaziva, kde plní další funkce (bloudivé či volné buňky vaziva). Tyto a další bílé krvinky (leukocyty) vykoná-

BÍLÁ TUKOVÁ TKÁŇ	124	Funkce adipocytů hnědé tukové tkáně	128
Skladování a uvolňování lipidů	126	Histogeneze hnědé tukové tkáně	129
Histogeneze bílé tukové tkáně	127	PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ	130
HNĚDÁ TUKOVÁ TKÁŇ	128	TEST ZNALOSTÍ	130

Vazivo, ve kterém převažují tukové buňky čili **adipocyty**, se nazývá **tuková tkáň**. Tyto velké buňky se typicky nacházejí jednotlivě nebo v malých skupinách v řídkém nebo hustém neuspořádaném kolagenním vazivu, ale i jako velké agregáty v tukové tkáni v mnoha orgánech a oblastech těla. Tuková tkáň normálně představuje 15–20 % váhy těla u mužů a o něco více u žen. Kromě toho, že slouží k uskladnění zásob neutrálních tuků, hlavně triacylglycerolů (triglyceridů), fungují adipocyty jako klíčový regulátor celého energetického metabolismu. S rozšiřováním obezity a s ní spojenými zdravotními problémy, včetně *diabetes mellitus* a srdečních onemocnění představují tukové buňky a tuková tkáň významnou oblast lékařského výzkumu.

Dvě vlastnosti triacylglycerolů objasňují, proč představují preferenční formu skladování živin. Jsou nerozpustné ve vodě, a proto se mohou hromadit, aniž mají nepříznivý osmotický vliv na buňky. Kalorická hodnota triacylglycerolů (9,3 kcal/g) je dvakrát vyšší než kalorická hodnota bílkovin a cukrů (včetně glykogenu), takže tuky představují nejefektivnější způsob pro uskladnění energie. Adipocyty jsou specializovány na shromažďování triacylglycerolů ve formě tukových kapének, zatímco jiné buňky normálně střádají tuk jen v malém množství.

Adipocyty jsou metabolicky aktivní buňky, které odpovídají na nervové i hormonální podněty. Uvolňují hormony a různé jiné důležité látky, proto se tuková tkáň považuje za endokrinní orgán klíčový pro homeostázu výživy. Díky svým jedinečným fyzikálním vlastnostem (tkáň bohatá na tuky vede špatně teplo) zajišťují tepelnou izolaci těla. Tuková tkáň také vyplňuje prostory mezi jinými tkáněmi, a tak napomáhá udržovat orgány na místě. Podkožní vrstva tukové tkáně se podílí na tvarování tělního povrchu a oblasti tukových polštářů – např. na dlaních, chodidlech a bříškách prstů – jsou vystaveny opakovanému mechanickému tlaku.

V těle se nacházejí dva hlavní typy tukové tkáně, které se liší výskytem, strukturou, barvou i funkcí. **Bílá tuková tkáň**, která je běžnější, je specializovaná na skladování tuků a je tvořena buňkami, z nichž každá má jednu velkou kapénku bělavě žlutého tuku v cytoplazmě. **Hnědá tuková tkáň** obsahuje buňky s mnoha tukovými kapénkami, mezi kterými se nacházejí četné mitochondrie dodávající této tkáni tmavší zbarvení. Hnědé adipocyty uvolňují teplo a jejich funkcí je ohřívání krve. Oba typy tukové tkáně jsou bohatě zásobeny cévami a tukové buňky na rozdíl od buněk jiných druhů vaziva mají tenkou bazální lamínu, která obklopuje zvlášť každý adipocyt a obsahuje kolagen typu IV.

➤ BÍLÁ TUKOVÁ TKÁŇ

Adipocyty bílé tukové tkáně jsou specializovány na poměrně dlouhodobé uchování energetických zásob, proto mají kulovitý tvar, když jsou izolované, nebo polyedrický, když jsou těsně seskupeny *in situ*. Když je plně vyvinutá, je buňka bílé tukové tkáně značně velká, o průměru mezi 50 a 150 μm , a obsahuje jednu velkou kapénku tuku, která vyplňuje téměř celou buňku. Vzhledem k jediné kapénce triacylglycerolů jsou bílé adipocyty také označovány jako **unilokulární** (univakuolární; obr. 6.1.). Vzhledem k tomu, že tuky jsou při rutinním histologickém zpracování z buněk odstraňovány xylenem a dalšími rozpouštědly, unilokulární adipocyty vypadají v mikroskopu jako prázdné. Někdy se popisuje, že buňky mají tvar pečutního prstenu, protože kapénka tuku vytlačí a ploští jádro proti buněčné membráně (obr. 6.1.d.). Tato membrána a tenký lem cytoplazmy, které zbyly po rozpouštění uloženého tuku, se mohou sraštit, zkolabovat nebo popraskat a zdeformovat buňku i strukturu tkáně.

HYALINNÍ CHRUPAVKA

Mezibuněčná hmota

Chondrocyty

Perichondrium

ELASTICKÁ CHRUPAVKA

132

134

135

136

136

VAZIVOVÁ CHRUPAVKA**VÝVOJ CHRUPAVKY, JEJÍ RŮST
A REPARACE****PŘEHLED KLÍČOVÝCH POJMŮ****TEST ZNALOSTÍ**

137

137

139

139

Chrupavka je pevná a odolná forma podpůrné pojivové tkáně, jejíž **mezibuněčná hmota** (extracelulární matrix, ECM) je charakterizována vysokou koncentrací glykosaminoglykanů (GAG) a proteoglykanů a podílem kolagenních a elastických vláken. Vlastnosti mezibuněčné hmoty poskytují chrupavce uplatnění jako součást skeletu nebo při výztuži a ochraně dalších orgánů (obr. 7.1.).

ECM chrupavky má pevnou konzistenci, která umožňuje snášet mechanické zatížení bez trvalé deformace. V respiračním traktu, v ušních boltcích a ve stěně nosní tvoří chrupavka konstrukci podporující měkké tkáně. Pružný a hladký povrch chrupavky tlumí nárazy a tvoří klouzavé plochy v kloubech, čímž usnadňuje pohyby kostí. Jak je popsáno v kap. 8, chrupavka také umožňuje vývoj a růst dlouhých kostí před narozením i po narození.

Chrupavka se skládá z buněk zvaných **chondrocyty** (řec. *chondros*, chrupavka + *kytos*, buňka), zalitých v ECM, a na rozdíl od vaziva neobsahuje žádné další typy buněk. Chondrocyty jsou uloženy v dutinkách zvaných **lakuny** a syntetizují a udržují všechny složky ECM.

Fyzikální vlastnosti chrupavky závisejí na elektrostatických vazbách mezi kolagenními vlákny tvořenými **kolagenem II**, **hyaluronanem** (kyselina hyaluronová) a sulfonovanými GAG navázanými na **proteoglykany**. Její polotuhá konzistence je přičítána množství vody vázané na negativně nabitě řetězce hyaluronanu a GAG odstupujících z proteoglykanových jádrových proteinů, které jsou uloženy v husté síti tenkých kolagenních fibril z kolagenu typu II. Vysoký obsah vázané vody umožňuje chrupavce tlumit nárazy.

Všechny typy chrupavky postrádají cévní zásobení a chondrocyty získávají živiny difúzí z kapilár okolního vaziva (perichondrium). V některých případech procházejí chrupavkou velké cévy, které zásobují jiné tkáně. Chondrocytům však tyto cévy poskytují jen

malé množství živin. Je zřejmé, že buňky avaskulární (bezcévné) tkáně vykazují jen malou metabolickou aktivitu. Chrupavka také nemá inervaci.

Perichondrium (obr. 7.2b.) je pouzdro z hustého kolagenního vaziva, které většinou chrupavku obaluje a vytváří rozhraní mezi chrupavkou a okolní tkání. Perichondrium obsahuje cévy zajišťující výživu chrupavky a drobné nervy. Kloubní chrupavka, která kryje konce kostí v pohyblivých kloubech a která je erodována během artritické degenerace, nemá perichondrium a je saturována difúzí kyslíku a živin ze synoviální tekutiny.

Jak ukazuje obr. 7.1., rozdíly ve složení ECM charakterizují tři typy chrupavky: hyalinní, elastickou a vazivovou. Důležité znaky jsou shrnuty v tab. 7.1.

» KLINICKÁ POZNÁMKA

Mnoho geneticky podmíněných poruch u lidí nebo myši se projevuje defekty chrupavky, deformitami kloubů nebo krátkými končetinami, což je způsobeno recesivními mutacemi genů pro kolagen typu II, proteinové jádro agrekanu, sulfátový transportér a další proteiny, které jsou nezbytné pro normální funkci chondrocytů.

» HYALINNÍ CHRUPAVKA

Hyalinní chrupavka (řec. *hyalos*, sklo), nejběžnější ze tří typů chrupavky, je v čerstvém stavu homogenní a poloprůsvitná. Postnatálně tvoří hyalinní chrupavka kloubní plochy pohyblivých kloubů, výztuž stěny velkých dýchacích cest (nos, larynx, trachea, bronchy), epifyzární (růstové) chrupavky v dlouhých kostech, které umožňují růst kosti do délky, a kryje ventrální konce žeber, jimiž jsou spojena se sternem (viz obr. 7.1.). V těle embrya tvoří hyalinní chrupavka dočasný skelet, který je postupně nahrazován kostí.