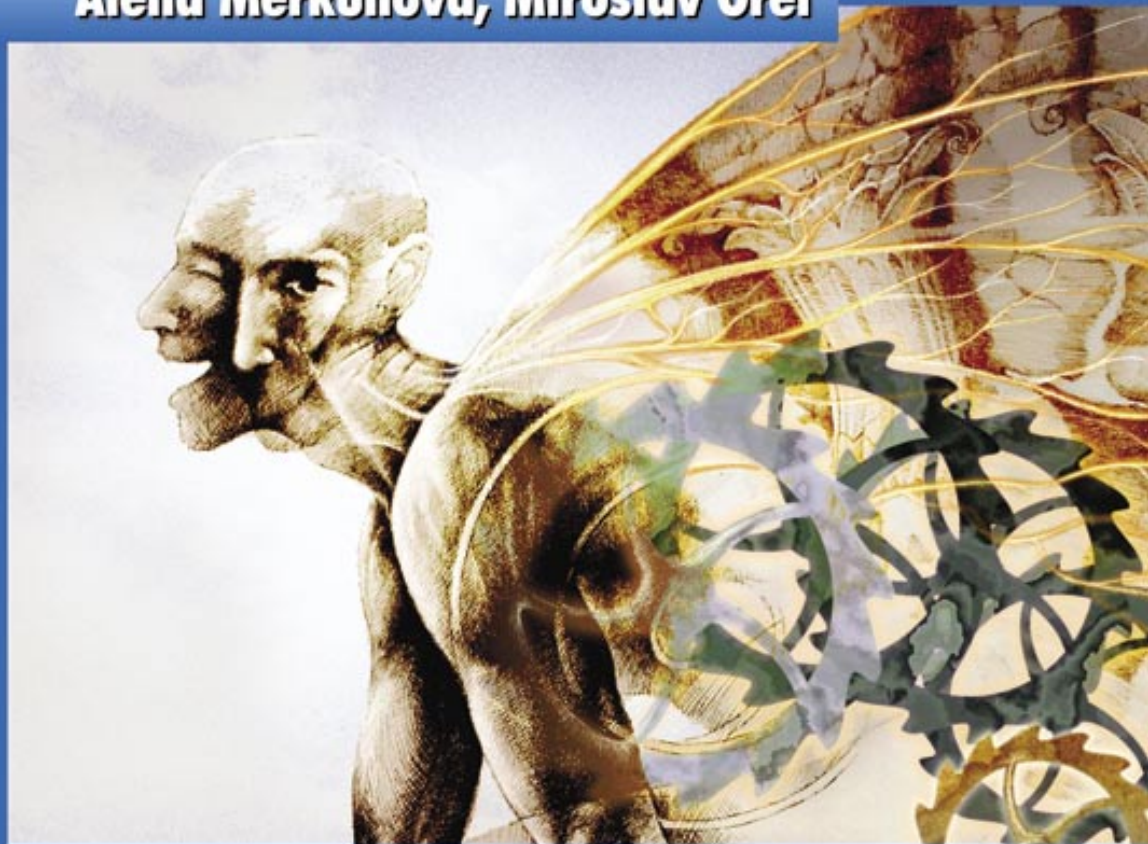


**Alena Merkunová, Miroslav Orel**



# **ANATOMIE A FYZIOLOGIE ČLOVĚKA PRO HUMANITNÍ OBORY**



 **GRADA®**

## 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**.

*Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.*





Copyright © Grada Publishing, a.s.

**doc. MUDr. Alena Merkunová, CSc.**  
**MUDr. PhDr. Miroslav Orel**

**ANATOMIE A FYZIOLOGIE ČLOVĚKA**  
**Pro humanitní obory**

Vydala Grada Publishing, a.s.  
U Průhonu 22, 170 00 Praha 7  
tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400  
www.grada.cz  
jako svou 3276. publikaci

Odpovědná redaktorka Jana Jindrová  
Sazba a zlom Milan Vokál  
Ilustrace Mgr. Jaroslav Svoboda, MUDr. PhDr. Miroslav Orel  
Počet stran 304  
Vydání 1., 2008

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.  
Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2008  
Obrázek na obálce © doc. MUDr. Pavel Žáček, Ph.D.

Recenzovali:  
prof. MUDr. Stanislav Trojan, CSc.  
doc. MUDr. Josef Herink, DrSc.

**ISBN 978-80-247-1521-6** (tištěná verze)  
**ISBN 978-80-247-6991-2** (elektronická verze ve formátu PDF)  
© Grada Publishing, a.s. 2011

---

# OBSAH

<b>1. USPOŘÁDÁNÍ LIDSKÉHO ORGANISMU</b>	<b>11</b>
1.1 Buňka	11
1.1.1 Buněčné organely	13
1.1.2 Funkce buňky	16
1.1.3 Životní cyklus buňky	16
1.2 Tkáň	18
1.2.1 Epitelové tkáň	18
1.2.2 Pojivové tkáň	19
1.2.3 Svalová tkáň	22
1.2.4 Nervová tkáň	24
1.3 Orgán, orgánové soustavy, organismus	24
1.3.1 Orgán	24
1.3.2 Orgánová soustava	25
1.3.3 Organismus	25
1.4 Kožní ústrojí	26
1.4.1 Stavba kůže	26
1.4.2 Přídavné struktury kůže – kožní adnexa	27
<b>2. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ ORGANISMU</b>	<b>29</b>
2.1 Homeostáza	29
2.1.1 Podíl nervové soustavy na udržování homeostázy	29
2.1.2 Podíl endokrinních žláz na udržování homeostázy	30
2.2 Tělní tekutiny	30
2.2.1 Množství a složení tělních tekutin	30
2.2.2 Vodní rovnováha organismu a její řízení	31
2.3 Minerální hospodářství organismu	32
2.3.1 Biologická funkce minerálních látek	32
2.4 Poměr kyselin a zásad	35
2.4.1 Udržování acidobazické rovnováhy	35
2.4.2 Poruchy acidobazické rovnováhy	37
<b>3. POHYBOVÝ APARÁT</b>	<b>39</b>
3.1 Kosterní soustava	39
3.1.1 Kost	39
3.1.2 Spojení kostí – kostra	41
3.1.3 Lebka	42
3.1.4 Páteř	45
3.1.5 Hrudník	47
3.1.6 Kostra horní končetiny	47

---

3.1.7	Kostra dolní končetiny . . . . .	49
3.2	Svalová soustava . . . . .	53
3.2.1	Uspořádání kosterního svalu . . . . .	53
3.2.2	Svalová aktivita . . . . .	56
3.2.3	Svaly jednotlivých svalových skupin . . . . .	58
3.2.3.1	Svaly hlavy . . . . .	58
3.2.3.2	Svaly krku . . . . .	62
3.2.3.3	Svaly hrudníku . . . . .	62
3.2.3.4	Svaly břicha . . . . .	63
3.2.3.5	Svaly zad . . . . .	64
3.2.3.6	Svaly horní končetiny . . . . .	64
3.2.3.7	Svaly dolní končetiny . . . . .	66
<b>4.</b>	<b>OBĚHOVÁ SOUSTAVA . . . . .</b>	<b>71</b>
4.1	Krev . . . . .	71
4.1.1	Krvinky . . . . .	72
4.1.1.1	Červené krvinky . . . . .	72
4.1.1.2	Bílé krvinky . . . . .	76
4.1.1.3	Krevní destičky . . . . .	77
4.1.2	Složení krevní plazmy . . . . .	77
4.1.2.1	Organické látky . . . . .	77
4.1.2.2	Anorganické látky . . . . .	80
4.1.3	Stavění krvácení . . . . .	80
4.1.4	Krevní skupiny . . . . .	82
4.1.4.1	Určování krevní skupiny systému ABO . . . . .	83
4.1.4.2	Antigeny skupiny Rh . . . . .	84
4.2	Srdce . . . . .	86
4.2.1	Stavba srdce . . . . .	87
4.2.2	Převodní systém srdeční . . . . .	88
4.2.3	Čerpací funkce srdce a její řízení . . . . .	91
4.2.3.1	Průběh srdečního cyklu . . . . .	91
4.2.3.2	Řízení srdečního výdeje . . . . .	91
4.2.4	Zevní projevy srdeční činnosti . . . . .	93
4.3	Oběh krve v cévách . . . . .	94
4.3.1	Tepenná část oběhu – uspořádání . . . . .	95
4.3.2	Žilní část oběhu – uspořádání . . . . .	99
4.3.3	Tok krve velkým oběhem . . . . .	100
4.3.4	Základní zákonitosti toku krve v cévách – hemodynamika . . . . .	102
4.3.5	Tepenný krevní tlak a tep . . . . .	104
4.3.6	Komplexní řízení činnosti srdce a cév . . . . .	105
4.4	Mízní oběh . . . . .	107
4.4.1	Uspořádání mízního oběhu . . . . .	107
4.4.2	Imunitní funkce . . . . .	110
<b>5.</b>	<b>DÝCHACÍ SOUSTAVA . . . . .</b>	<b>115</b>
5.1	Dýchací cesty – stavba a funkce . . . . .	115
5.2	Plíce – stavba a funkce . . . . .	118

---

5.3	Plicní objemy a kapacity . . . . .	121
5.4	Regulace dýchání . . . . .	122
5.5	Výměna a transport dýchacích plynů . . . . .	124
<b>6.</b>	<b>TRÁVICÍ SOUSTAVA . . . . .</b>	<b>127</b>
6.1	Obecné poznámky . . . . .	127
6.1.1	Řízení hybnosti a sekrece v trávicí soustavě . . . . .	129
6.2	Stavba a funkce jednotlivých částí trávicí soustavy . . . . .	131
6.2.1	Dutina ústní . . . . .	131
6.2.2	Hltan a jícen . . . . .	134
6.2.3	Žaludek . . . . .	134
6.2.4	Slinivka břišní . . . . .	137
6.2.5	Játra . . . . .	138
6.2.6	Žlučník a žlučové cesty . . . . .	139
6.2.7	Tenké střevo . . . . .	140
6.2.8	Tlusté střevo . . . . .	142
<b>7.</b>	<b>LÁTKOVÝ METABOLISMUS . . . . .</b>	<b>145</b>
7.1	Osud vstřebaných cukrů . . . . .	145
7.2	Osud vstřebaných tuků . . . . .	146
7.3	Osud vstřebaných aminokyselin . . . . .	148
<b>8.</b>	<b>ENERGETICKÝ METABOLISMUS . . . . .</b>	<b>149</b>
8.1	Měření energetické potřeby . . . . .	149
8.2	Energetická bilance organismu . . . . .	150
8.3	Tělesná teplota a její udržování . . . . .	151
<b>9.</b>	<b>VÝŽIVA . . . . .</b>	<b>155</b>
9.1	Zásady racionální výživy . . . . .	156
9.1.1	Příjem cukrů . . . . .	157
9.1.2	Příjem vlákniny . . . . .	157
9.1.3	Příjem tuků . . . . .	158
9.1.4	Příjem bílkovin . . . . .	159
9.1.5	Příjem minerálních látek a vitaminů . . . . .	160
<b>10.</b>	<b>VYLUČOVACÍ FUNKCE . . . . .</b>	<b>165</b>
10.1	Ledviny . . . . .	165
10.1.1	Stavba ledvin . . . . .	165
10.1.2	Funkce nefronu při tvorbě moči . . . . .	169
10.2	Vývodné močové cesty . . . . .	172
<b>11.</b>	<b>REPRODUKČNÍ SOUSTAVA . . . . .</b>	<b>175</b>
11.1	Reprodukční soustava muže . . . . .	176
11.1.1	Varlata – stavba a funkce . . . . .	176
11.1.2	Vývodné pohlavní cesty a přídatné žlázy . . . . .	177
11.1.3	Zevní pohlavní orgány . . . . .	178
11.2	Reprodukční soustava ženy . . . . .	180
11.2.1	Vnitřní pohlavní orgány . . . . .	180
11.2.2	Vaječníky . . . . .	182

11.2.3	Cyklické změny reprodukčních funkcí . . . . .	182
11.2.4	Zevní pohlavní orgány . . . . .	186
11.3	Těhotenství . . . . .	187
11.4	Kojení . . . . .	192
<b>12.</b>	<b>ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY LIDSKÉHO TĚLA . . . . .</b>	<b>193</b>
12.1	Soustava žláz s vnitřní sekrecí . . . . .	193
12.1.1	Hypotalamo-hypofyzární systém . . . . .	196
12.1.2	Štítná žláza . . . . .	198
12.1.3	Příštítná tělíska . . . . .	200
12.1.4	Nadledviny . . . . .	200
12.1.4.1	Hormony kůry nadledvin . . . . .	200
12.1.4.2	Hormony dřeně nadledvin . . . . .	202
12.1.5	Endokrinní tkáň slinivky břišní . . . . .	203
12.1.5.1	Buňky B . . . . .	203
12.1.5.2	Buňky A . . . . .	204
12.1.5.3	Buňky D . . . . .	204
12.1.6	Šišinka . . . . .	205
12.1.7	Pohlavní hormony . . . . .	205
12.1.8	Hormony produkované endokrinními buňkami ležícími v jiných tkáních . . . . .	205
12.1.9	Místní hormony . . . . .	206
12.2	Nervová soustava ( <i>Miroslav Orel</i> ) . . . . .	206
12.2.1	Obecné charakteristiky stavby a činnosti nervové soustavy . . . . .	208
12.2.1.1	Nervové buňky . . . . .	208
12.2.1.2	Klidový, generátorový a akční potenciál . . . . .	211
12.2.1.3	Synapse . . . . .	214
12.2.1.4	Mediátory . . . . .	216
12.2.1.5	Podpůrné buňky . . . . .	218
12.2.1.6	Obaly centrálního nervového systému . . . . .	219
12.2.1.7	Mozkomíšni mok . . . . .	220
12.2.1.8	Cévní zásobení mozku . . . . .	221
12.2.1.9	Reflexy . . . . .	222
12.2.2	Pátevní mícha a míšní nervy . . . . .	224
12.2.2.1	Pátevní mícha . . . . .	224
12.2.2.2	Míšní nervy . . . . .	225
12.2.3	Mozek a mozkové nervy . . . . .	227
12.2.3.1	Mozkový kmen . . . . .	227
12.2.3.2	Mozeček . . . . .	229
12.2.3.3	Mezimozek . . . . .	231
12.2.3.4	Koncový mozek . . . . .	232
12.2.3.5	Zobrazení mozku . . . . .	242
12.2.3.6	Hlavové nervy . . . . .	249
12.2.4	Smyslové funkce . . . . .	251
12.2.4.1	Zrak . . . . .	253
12.2.4.2	Sluch . . . . .	259



---

12.2.4.3	Orgány polohy a pohybu . . . . .	263
12.2.4.4	Chemoreceptory – chuť a čich . . . . .	264
12.2.4.5	Somatosenzorický systém . . . . .	266
12.2.5	Somatomotorický systém . . . . .	272
12.2.6	Autonomní nervová soustava . . . . .	275
12.2.6.1	Centrální a periferní část autonomní nervové soustavy . . .	275
12.2.6.2	Funkční členění autonomní nervové soustavy . . . . .	278
12.2.7	Biorytmy . . . . .	279
12.2.8	Funkční stavy centrálního nervového systému . . . . .	280
12.2.9	Psychofyzologie . . . . .	283
	<b>SEZNAM ZKRATEK . . . . .</b>	<b>285</b>
	<b>LITERATURA K DALŠÍMU STUDIU . . . . .</b>	<b>287</b>
	<b>REJSTRÍK. . . . .</b>	<b>289</b>



# 1. USPOŘÁDÁNÍ LIDSKÉHO ORGANISMU

Živá hmota má charakteristickou chemickou strukturu, na které se podílí řada atomů a molekul. Hlavní skupinu představují **uhlík** (chemická značka C), **vodík** (H), **kyslík** (O), **dušík** (N), **fosfor** (P) a **síra** (S). Jednotlivé atomy se spojují v molekuly, k biologicky významným **molekulám** patří např. deoxyribonukleová kyselina (DNK nebo DNA – z angl. acid = kyselina) a glukóza (krevní cukr). Kombinací molekul vzniká živá hmota, která je uspořádaná v různé typy **buněk**.

## 1.1 BUŇKA

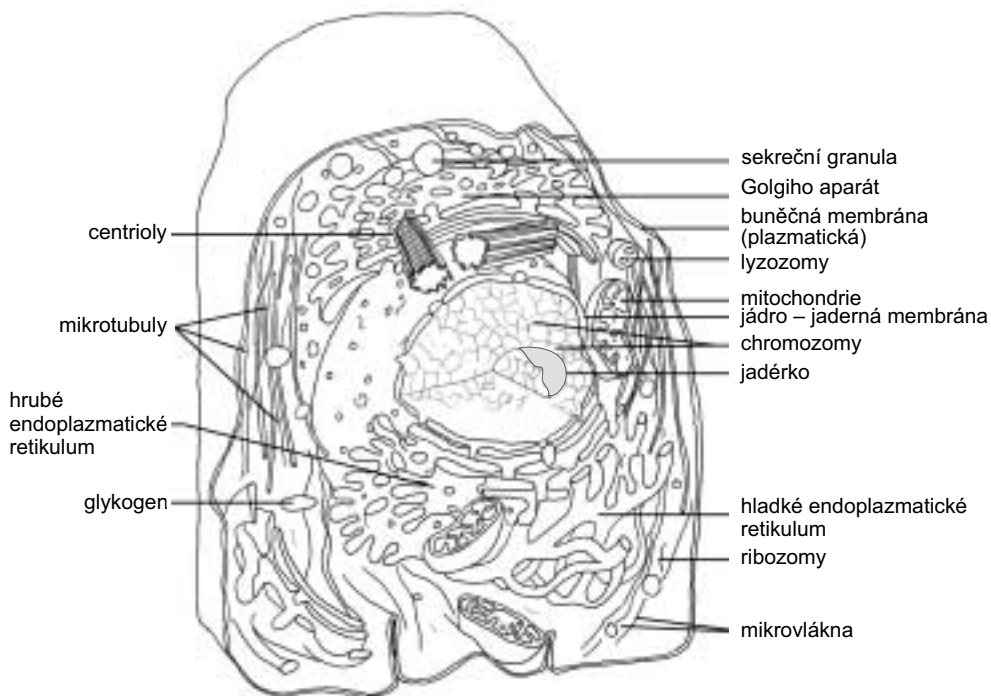
Buňky jsou nejmenší a nejjednodušší stavební (strukturální) a funkční jednotky organismu schopné samostatné existence. V prostorách mezi buňkami je mezi-buněčná hmota prostoupená tkáňovým mokem, který zprostředkovává látkovou výměnu mezi buňkami a cévními tekutinami, tj. krví a mizou. Studium stavby a funkce buněk se věnuje **cytologie**.

Buňka (*cellula*) má na povrchu **plazmatickou membránu**, uvnitř buňky je řidká **cytoplazma** (*cytosol*) s vysokým obsahem bílkovin. V cytoplazmě leží **buněčné organely**, útvary ohraničené často vlastní membránou, díky kterým buňky plní potřebné funkce (obr. 1.1).

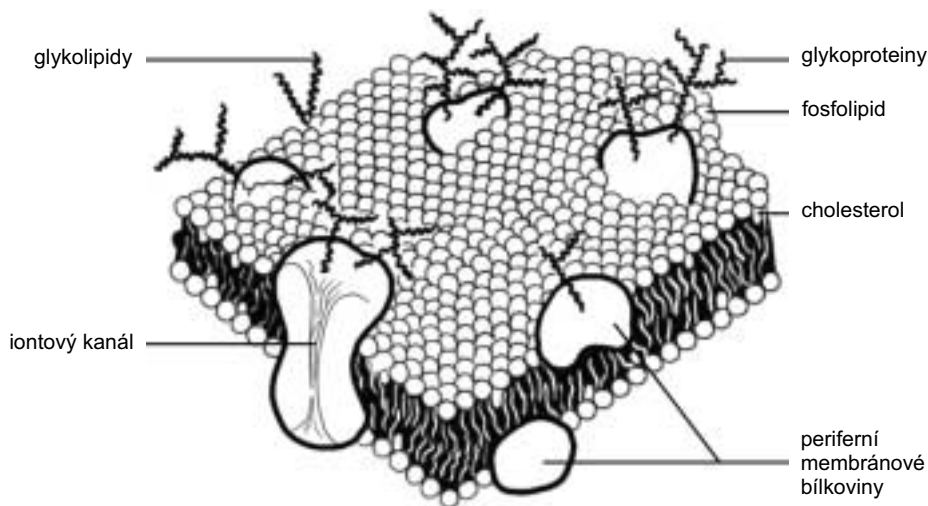
Plazmatická membrána a organely jsou propojené **cytoskeletem**, což je systém vláken a trubicových struktur s širokým významem. Udržuje tvar buňky, fixuje organely v optimální poloze, zabezpečuje jejich potřebný pohyb a ve vhodném prostředí i pohyb celé buňky, např. přesun bílých krvinek průduchy ve stěně vlasečnic do tkání.

### Plazmatická membrána

Plazmatická membrána zajišťuje celistvost buňky a zároveň odděluje buňku od okolí, tzv. vnitřního prostředí organismu, které tvoří tkáňový mok. Membrána se skládá převážně z molekul lipidů, hojně je zastoupen fosfolipid **lecitin** (chemicky *fosfatidylcholin*) a také **cholesterol** (chemicky *sterol*). Lipidy jsou uspořádané do dvojvrstvy tak, že hydrofilní konce molekul (s vodou mísitelné) směřují do mimobuněčného prostoru i směrem k cytoplazmě, hydrofobní konce (s vodou nemísitelné) směřují do nitra membrány. Součástí membrány jsou i **bílkoviny** (obr. 1.2).



**Obr. 1.1** Schéma buňky s organelami



**Obr. 1.2** Schéma plazmatické membrány

Část bílkovin prochází membránou (tzv. transmembránové), část přiléhá k její zevní, event. vnitřní ploše (tzv. periferní). **Membránové bílkoviny:** **1.** tvoří strukturu iontových kanálů pro transport iontů přes membránu, **2.** zajišťují aktivní přenos látek přes membránu (*přenašeče*), **3.** jsou základem

dem buněčných receptorů vázajících např. hormony a další signální molekuly specificky ovlivňující buněčné funkce, **4.** rozhodují o dráždivosti buněk, **5.** jsou schopné vázat cizorodé struktury (*antigeny*), **6.** fungují jako enzymy (urychlují biochemické reakce).

Polotekutá plazmatická membrána je **útvarem velmi dynamickým**, neustále se přestavujícím. Má charakteristické fyzikálně-chemické vlastnosti, které jsou nutným předpokladem fyziologické (tj. „zdravé“) funkce membrány i celé buňky. Kvalitu membrány významně ovlivňuje typ **mastných kyselin** zabudovaných do membránových lipidů, který je do značné míry určován skladbou mastných kyselin v přijímané potravě. Tyto poznatky významně ovlivnily dietetická doporučení týkající se množství a kvality přijímaných mastných kyselin v potravě (více v kap. 9).

Plazmatická membrána je **bariérou** určující, které látky – s ohledem na velikost molekuly a chemickou strukturu – proniknou do buňky, event. buňku opustí. Děje se tak několika mechanismy, mezi které patří:

- **prostá fyzikální difuze**,
- **transport zprostředkovaný specifickým bílkovinným přenašečem** (více v kap. 7.1 a 6.2.7),
- **endocytóza**, tj. „vtahování“ látek do buňky pomocí měchýřkovité vchlípeniny plazmatické membrány nebo vychlípeniny při **exocytóze** – přenosu směrem opačným,
- **transport membránovými kanály**, kterému podléhají ionty; otevírání a zavírání kanálů je specificky řízeno, např. změnou elektrického napětí na membráně, mediátory (více v kap. 12.2.1.2 a 12.2.1.4) nebo mechanicky, např. při protažení buňky.

Prakticky **nepropustná** je buněčná membrána pro velké molekuly bílkovin.

Za klidových podmínek, díky selektivní propustnosti pro ionty, převažuje na zevní ploše membrány kladný náboj, na vnitřní ploše náboj negativní. Takto dosažená **polarizace membrány** je zdrojem elektrického napětí, tzv. **klidového membránového potenciálu**. Je měřitelný u všech živých buněk a jeho hodnota se pohybuje, v závislosti na typu buňky, od  $-30$  do  $-90$  mV (více v kap. 12.2.1.2).

## 1.1.1 BUNĚČNÉ ORGANELY

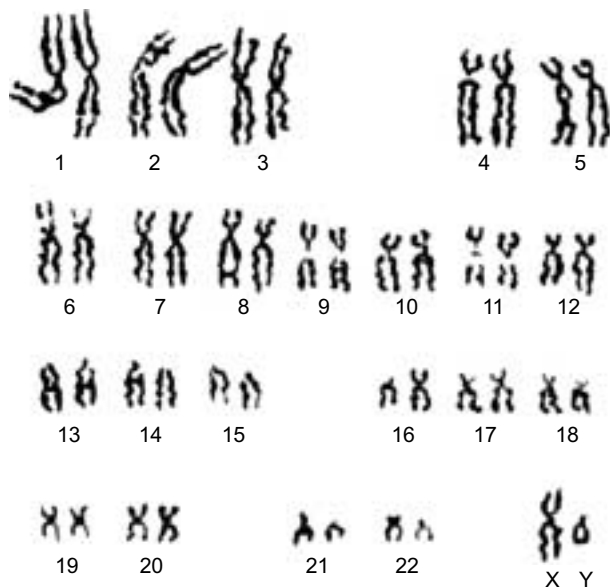
### Jádro

Jádro (*nucleus*) je nedílnou součástí každé buňky schopné dělení. Na povrchu jádra je dvojité membrána, oba listy jsou vzájemně propojené pomocí pórů umožňujících pohyb molekul mezi cytoplazmou a jádrem.

Uvnitř jádra jsou hrudky **chromatinu**, jehož základní složkou je komplex DNA a bílkoviny. Na počátku buněčného dělení se dvojité šroubovice DNA svinují a skládají do podoby **chromozomů** – párových, vzájemně spojených útvarů, vůči sobě sesterských. Spojka sesterských chromozomů v páru, tzv. **centromera**, rozděluje chromozomy na krátká a dlouhá raménka.

V jádrech lidských tělních (*somatických*) buněk je **23 párů chromozomů** (*diploidní počet*). Sestava chromozomů (počet, velikost, tvar, délka ramének – tzv. karyotyp) je u jednotlivých buněk každého jedince neměnná. **Karyotyp** je pro člověka, stejně

jako pro jiný živočišný druh, jedinečný, druhově specifický, jeho záznam (např. fotografický) je **karyogram** (obr. 1.3).



**Obr. 1.3** Karyogram somatické buňky (1 až 22 – somatické chromozomy; X, Y – chromozomy)

- V lidském karyotypu má v každém páru shodné (*homologní*) znaky **22 párů somatických chromozomů**, nověji označovaných termínem **autochromozomy**, zkráceně **autozomy**.
- **Chromozomy 23. páru** – dříve heterochromozomy, nověji **gonochromozomy**, zkráceně **gonozomy** – určují pohlaví jedince. V jádrech tělních buněk žen je to pár shodných gonochromozomů typu XX, u mužů kombinace gonochromozomů X a Y.

Díličí úseky DNA v chromozomech jsou látkovou podstatou jednotlivých **genů**, základní jednotky dědičné (genetické) informace. Soubor genů v buňce se označuje jako **genom**. Díličí geny programují (kódují) tvorbu jednotlivých specifických bílkovin nezbytných pro stavbu a funkci vlastní buňky i buněk jiných tkání.

### Jadérko

Jadérko (*nucleolus*) je součástí jádra. Tvoří se v něm a skládá se z **ribonukleové kyseliny** (RNA), která je kopií úseku DNA (kód). Vytvořená, tzv. ribozomální RNA (rRNA) se spojuje s bílkovinami (*proteiny*) v **ribozomy**. Ribozomy opouštějí jádro, leží volně v cytoplasmě nebo se vážou na jiné organely (např. endoplazmatické retikulum, event. zevní membránu jádra) a spouštějí sérii reakcí vedoucích až ke vzniku naprogramovaných bílkovin (*proteosyntéza*).

## Endoplazmatické retikulum

Endoplazmatické retikulum se dělí se na hrubé (také drsné, zrnité, granulární) a hladké.

**Hrubé endoplazmatické retikulum** tvoří bohatý systém váčků rozprostřených v cytoplazmě kolem jádra. Označení získalo podle nerovností způsobených velkým množstvím ribozomů přichycených k jeho zevní membráně, na jejichž povrchu probíhá zmíněná tvorba proteinů. V hrubém endoplazmatickém retikulu rovněž vznikají fosfolipidy a cukry, se kterými vytvořené bílkoviny tvoří komplexy. Řada těchto produktů endoplazmatického retikula, např. bílkovinné hormony, krevní bílkoviny, trávicí enzymy, je v případě specializovaných buněk určena i pro mimobuněčné využití. Drsné endoplazmatické retikulum je proto hojně zastoupeno především v buňkách sekrečních.

**Hladké endoplazmatické retikulum** tvoří síť kanálků uložených zevně od drsného endoplazmatického retikula, nemá ribozomy (proto „hladké“), vytváří **masné kyseliny**, **steroidní látky** z cholesterolu (např. pohlavní hormony, hormony kůry nadledvin), má **funkci detoxikační** – zneškodňuje jedovaté (toxické) složky v jaterních buňkách, je **zásobárnou  $\text{Ca}^{2+}$**  (vápníkové ionty) ve svalových buňkách.

## Golgiho aparát

Golgiho aparát (také *komplex*) je systémem plochých dutinek (*cisterny*), jejichž části se vyklenují a naplněné obsahem se oddělují v podobě okrouhlých sekrečních váčků. Golgiho aparát spojuje produkty vytvořené endoplazmatickým retikulem (především bílkoviny) do složitějších struktur a je zásobárnou těchto látek pro vlastní buňku i pro potřeby buněk jiných tkání.

## Lysozomy

Lysozomy se oddělují od Golgiho komplexu, mají bohatou zásobou hydrolytických enzymů, které štěpí (*hydrolyzují*) nepotřebné struktury vlastní buňky i škodlivé látky přicházející do buňky z okolí.

## Peroxizomy

Peroxizomy jsou malé organely s obsahem oxidoredukčních enzymů štěpících jedovaté (*toxické*) látky, které vznikají v průběhu fyziologického metabolismu buňky nebo jsou zevního původu (např. alkohol). Jsou hojně zastoupené v jaterních buňkách, které plní v organismu hlavní detoxikační funkci.

## Mitochondrie

Mitochondrie jsou strukturami rozmanitého tvaru, tj. *polymorfni* – válcovité, elipsovité, event. připomínající granula, a jsou kryté dvojitou membránou. **Vnitřní membrána**, díky hojnému zprohýbání, poskytuje velký povrch pro průběh chemických reakcí. Mitochondrie jsou přítomné ve všech buňkách v hojném počtu, zvláště početné jsou v buňkách tkání s vysokými energetickými nároky (např. svalové buňky).

V mitochondriích se živiny, především glukóza a masné kyseliny, **spalují** (*oxidace*) molekulárním kyslíkem. Finálním produktem celé řady vzájemně navazujících reakcí (proces *oxidativní fosforylace*) je **adenosintrifosfát** (ATP), konzervující energii v podobě makroergních fosfátových vazeb. Buňky přeměňují tuto obecnou, tzv. chemickou formu energie ATP ve formy potřebné k plnění buněčných funkcí, např.

v mechanickou energii svalového stahu, sekreční energii žlázových buněk, transportní energii vstřebávacích buněk atd.

### Centrioly

Centrioly jsou párová, krátká tělíska válcovitého tvaru, tvořená devíti trojicemi mikrotubulů. Leží poblíž jádra, jsou obklopená specifickou hmotou a společně tvoří útvar zvaný **centrozom**. Centrioly se účastní buněčného dělení, které zahajují tvorbou **dělicího vřeténka**.

## 1.1.2 FUNKCE BUŇKY

**Základní funkce** buněk slouží k zajištění jejich životnosti (viability) a obnovy. Patří k nim:

- příjem živin z tkáňového moku,
- uvolňování energie z živin,
- odstraňování nepotřebných produktů přeměny látek do tkáňového moku,
- schopnost růst (zvětšovat se),
- schopnost reprodukovat se (v případě většiny buněk), tj. dávat vzniknout novým buňkám,
- být nositelem dědičnosti (genetické informace).

**Specifické funkce** vykazují specializované buňky, např.:

- **buňky nervové** tvoří a vedou vzruchy,
- **buňky svalové** vykazují kromě dráždivosti a vodivosti i stažlivost,
- **buňky jaterní** mají metabolickou aktivitu,
- **buňky střevní výstelky** a **buňky ledvinových kanálků** mají vstřebávací schopnost,
- **buňky sekreční** tvoří a uvolňují produkty (enzymy, hormony),
- **buňky reprodukční** (vajíčka a spermie) zajišťují pohlavní rozmnožování.

**Buňka je schopna komunikovat s ostatními**, i vzdálenými buňkami **prostřednictvím signálů**, které přijímá z okolí a do okolí vysílá. Signály jsou ve své konečné podobě látkového charakteru (*humorální*) – např. hormony, metabolity, neurotransmitery (více v kap. 12.2.1.4). Na přenosu těchto signálů se významně podílí krev, tkáňový mok a nervová vlákna.

## 1.1.3 ŽIVOTNÍ CYKLUS BUŇKY

**Buněčný cyklus** můžeme zjednodušeně charakterizovat jako sled několika časově omezených dějů v životě buňky:

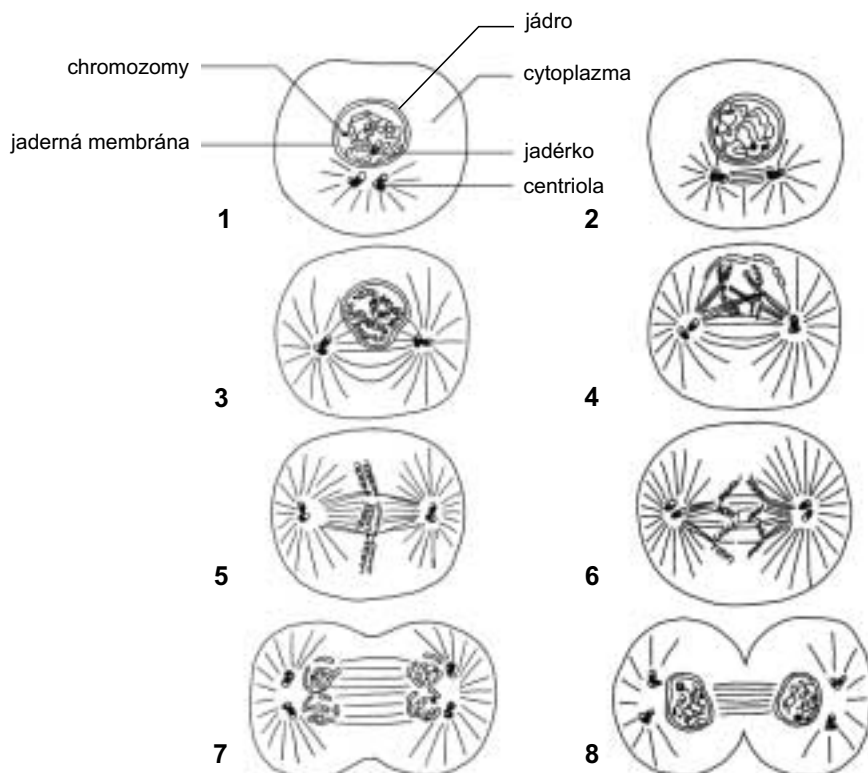
- **Vznik buňky** je okamžikem začátku cyklu. V naprosté většině případů buňky vznikají buněčným dělením (dvě dceřiné buňky z původní buňky mateřské), výjimku tvoří neurony a červené krvinky (nedělí se).
- Následuje **období růstu a zrání** (diferenciace) do stadia, které umožňuje plnit event. specifické funkce a získat schopnost se dělit.



- Život buňky končí 1. **zánikem** (smrtí) – termínem **apoptóza** se označuje přirozená, programovaná smrt buňky – nebo 2. **dělením** (reprodukce), které je zvláště intenzivní během růstu organismu. U dospělých slouží dělení k náhradě buněčných ztrát, ke kterým plynule dochází jak za fyziologických okolností, tak především po poškození tkání, tj. při procesu hojení.

### Dělení somatických buněk

Dělení zahrnuje dva procesy: rozdělení buněčného jádra – **mitóza** – a rozdělení buňky – **cytokineze**. Dvě vznikající buňky dceřiné jsou vůči sobě buňkami sesterskými, každá dceřiná buňka má výbavu chromozomů shodnou s buňkou mateřskou.



**Obr. 1.4** Fáze dělení buněčného jádra a rozdělení buňky: 1, 2, 3 – profáze, 4 – prometafáze, 5 – metafáze, 6 – anafáze, 7, 8 – telofáze

**Mitóza probíhá v několika fázích** (obr. 1.4):

- **profáze** – kondenzace chromatinu do podoby chromozomů, vznik dělicího vřeténka;
- **prometafáze** – na dělicí vřeténko se připojují chromozomy, rozpadá se obal jádra, mizí jadérko;

- **metafáze** – chromozomy se posunují do roviny kolmé na osu dělicího vřeténka, do středu vzdálenosti mezi centrozomy, zdvojují se podélným štěpením ve dva zcela identické chromozomy se shodnými geny (tzv. dceřiné sady);
- **anafáze** – zdvojují se všechny centromery, uvolní tak poloviny podélně rozštěpených chromozomů, které se rozcházejí k protilehlým pólům vřeténka;
- **telofáze** – dělicí vřeténko mizí, kolem každé sady dceřiných chromozomů se vytváří jaderný obal, objevuje se jadérko.

**Cytokineze** je závěrečný krok, při kterém dochází k zaškrcení dělicí se buňky ve střední části. Do každé vznikající dceřiné buňky se přesouvá přibližně rovným dílem i ostatní buněčný materiál mateřské buňky.

### Dělení pohlavních buněk

Mimořádně významná je tvorba pohlavních buněk, tzv. **gamet** – vajíček a spermií, protože umožňují pohlavní (sexuální) rozmnožování. Diferencují se z kmenových buněk zárodečného epitelu vaječníků a varlat.

Gamety, na rozdíl od buněk somatických, mají poloviční (*haploidní*) počet chromozomů, tj. 23. Tvoří je **22 autochromozomů a 1 gonochromozom** – X u vajíček, X nebo Y u spermií. Redukci diploidního počtu chromozomů na haploidní počet umožňuje **redukční dělení**, tzv. **meióza**.

Všechny **ženské gamety** obsahují shodně chromozom X, **mužské gamety** obsahují s 50% pravděpodobností buď chromozom X, nebo chromozom Y. Při oplození, tj. splynutí mužské a ženské gamety v zygotu, je proto teoreticky stejná pravděpodobnost vzniku zygoty s ženským (XX) i mužským (XY) typem chromozomového pohlaví. Prakticky tomu tak není, u člověka to je poměr 1,3 : 1 ve prospěch mužského pohlaví.

## 1.2 TKÁNĚ

---

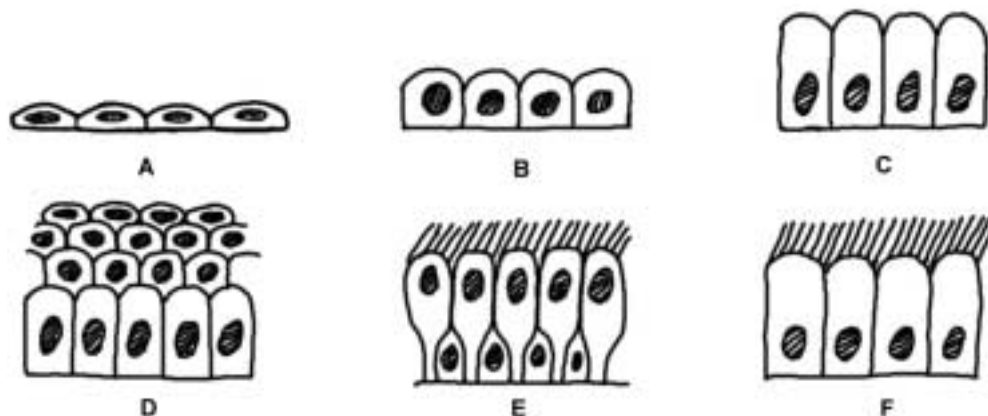
Tkáně jsou skupiny buněk vznikající ze stejného embryonálního (zárodečného) základu (viz kap. 11.3), které zajišťují určitou specifickou funkci. Mnohobuněčné organismy mají **čtyři typy tkání**, jejich studiem se zabývá histologie. Tato kapitola uvádí základní popis tkání, specifické poznatky jsou součástí kapitol věnovaných orgánovým soustavám, především svalové a nervové (viz kap. 3 a kap. 12).

### 1.2.1 EPITELOVÉ TKÁNĚ

**Epitel** (výstelka) **kryje** zevní povrch těla, **vystýlá** vnitřní plochy dutých orgánů a cév. Epitelové buňky k sobě těsně přiléhají, velmi dobře se obnovují (s výjimkou smyslového epitelu), poškozený nebo zničený epitel je většinou nahrazen plnohodnotnou tkání (regeneruje).

**Epitel se dělí podle:**

1. **tvaru buněk:** *kubický* – buňky krychlové; *cylindrický* – buňky válcové; *dlaždicový* – buňky ploché (obr. 1.5);
2. **počtu buněčných vrstev:** *jednovrstevný* – např. výstelka vnitřní plochy cév, dutiny hrudní a břišní; *vícevrstevný* – např. v močových cestách, povrch kůže;
3. **funkce:** *krycí* – kryje zevní povrch těla, vnitřní povrchy těla (dutin pohrudniční, břišní); *výstelkový* – vystýlá duté orgány, vývody, např. močový měchýř, močovody; *vstřebávací* (resorpční) – přijímá látky, např. buňky výstelky tenkého střeva; *reprodukční* (zárodečný) – dává vzniknout pohlavním buňkám; *smyslový* – odpovídá na podněty vznikem podráždění, např. smyslové buňky sítnice, kůže; *sekreční* – tvoří a vydává hormony (žlázy s vnitřní sekrecí), enzymy (trávicí žlázy).



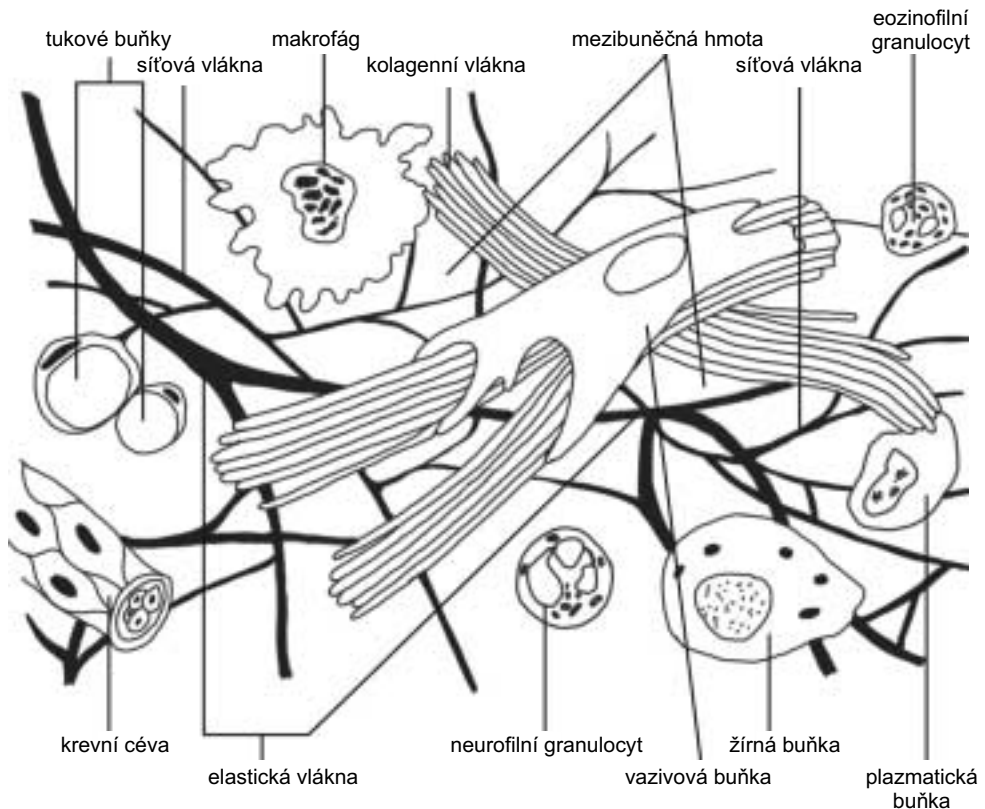
**Obr. 1.5** Typy epitelů: A – jednovrstevný dlaždicový, B – kubický, C – cylindrický, D – vícevrstevný dlaždicový, E – řasinkový, F – řasinkový jednovrstevný cylindrický

## 1.2.2 POJIVOVÉ TKÁŇ

Pojivová tkáň (pojivo) se skládá z **buněk**, hojně **mezibuněčné hmoty** a různého množství **bílkovinných vláken** (kolagenní, elastická vlákna). Dělí se na tkáň vazivovou, chrupavčitou a kostní. Pojivo plní především funkci opornou a spojovací, ale také metabolickou a termoregulační.

### Vazivová tkáň (vazivo)

Vazivo (obr. 1.6) obsahuje vazivové buňky – **fibrocyty**, mezibuněčnou hmotu s různým podílem **vláken elastických** (pružná vlákna), **kolagenních** (vlákna pevná v tahu) a jemných **retikulárních** (síťová vlákna). Vazivo velmi dobře regeneruje, při hojení poškozených tkání je hlavní složkou jizev, především u tkání neschopných regenerace.



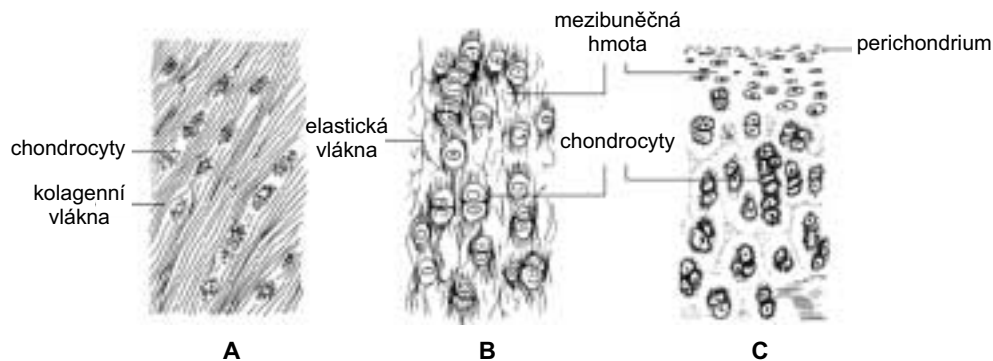
**Obr. 1.6** Struktury vaziva

**Vazivo** se dělí na:

- **tuhé** – obsahuje především hojná kolagenní vlákna a je součástí vazů, šlach, kloubních pouzder;
- **elastické** – je pružné díky hojným elastickým vláknům, je jednou z hlavních složek vazů páteře;
- **řidké** (vmezežené) – pouze malé množství vláken, vyplňuje prostory mezi orgány;
- **tukové** (častější termín je tuková tkáň) – vyskytuje se hlavně v podkoží, ale také podél svazků nervů a cév a v dutinách (fixuje v nich orgány, např. ledviny v bederní krajině, oční koule v očníci); v jemné síti vláček jsou uloženy tukové buňky (adipocyty), které skladují zásobní tuk; jsou vysoce metabolicky aktivní, vychytávají tuky z krevního řečiště, pohotově je uvolňují v závislosti na energetické potřebě organismu, tvoří hormony, přispívají k udržování stálé tělesné teploty (izolační vrstva);
- **mízní** (lymfoidní) – základní stavební součást mízních uzlin.

### **Chrupavčitá tkáň (chrupavka)**

Chrupavku (*cartilago*, řecky *chondros*) tvoří **buňky** (*chondrocyty*) a **mezibuněčná hmota** s vlákny elastickými a kolagenními. Povrch kryje vazivová vrstva zvaná *perichondrium* (obr. 1.7). Chrupavka neregeneruje – nemá cévní ani nervové zásobení, nahrazena může být tkání vazivovou.



**Obr. 1.7** Typy chrupavek: A – kolagenní, B – elastická, C – hyalinní

Typ chrupavky určuje její funkci:

- **hyalinní** (sklovitá) chrupavka – má bílou barvu, je velmi tvrdá, ale křehká; tvoří chrupavky dýchacích cest, především však kryje kloubní plochy kostí, v místě poškození kloubní chrupavky zůstávají trvalé defekty (např. u artrózy);
- **elastická** (pružná) chrupavka – má hojný počet elastických vláken, tvoří např. hrtanovou příklopku, základ ušního boltce;
- **kolagenní** (vazivová) chrupavka – je bohatá na kolagenní vlákna, odolná vůči tahu a tlaku, vyskytuje se hlavně v meziobratlových ploténkách.

## Kostní tkáň

Kostní tkáň obsahuje **kostní buňky** obklopené velkým množstvím organické **mezibuněčné hmoty** (*ossein*, *kostní matrix*) s vysokým podílem kolagenních vláken. Mezi vlákna se ukládají minerální látky v podobě krystalů komplexních solí vápníku, fosforu a hořčíku. Převaha organických látek v kostní tkáni dětí je příčinou vyšší pružnosti kostí, převaha minerálních látek ve stáří zajišťuje sice vyšší pevnost, ale je současně příčinou křehkosti kostí a s ní spojené vysoké lomivosti.

Podle uspořádání mezibuněčné hmoty se **kostní tkáň** dělí na:

- **hutnou** (*compacta*) – hmota tvoří lamely uspořádané do pravidelných plochých destiček nebo do sebe zasunutých trubiček;
- **houbovitou** (*spongiosa*) – hmota tvoří trámce uspořádané v nepravidelnou síť (více v kap. 3.1).

Typy kostních buněk:

- **progenitorové buňky** (základní, výchozí) – čile se dělí a vyžívají ve specifické kostní buňky;
- **osteoblasty** (specifické kostní buňky) – produkují vláknitý kolagen (bez přítomnosti kolagenu se nemohou do kostní tkáně ukládat vápenaté soli), přeměňují se na zralé kostní buňky;
- **osteocyty** (zralé kostní buňky) – sehrávají důležitou roli při výměně živin i odpadních látek mezi krví cév vyživujících kost a vlastní kostní tkání;
- **osteoklasty** (buňky rozkládající kost) – rozkládají mezibuněčnou kostní hmota za současného uvolňování vápníku do krve – *resorpce kosti*.

V průběhu života se kostní tkáň neustále přestavuje – *remodelace kosti*: stará se rozpadá a nová se tvoří. U nedospělých jedinců tvorba kostní tkáně významně převyšuje proces rozpadu, základním předpokladem je dostatečný přísun bílkovin a minerálních látek (především vápníku) potravou a potřebná regulační role řady vitaminů (hlavně vitaminu D<sub>3</sub>) a hormonů (parathormon, kalcitonin, pohlavní hormony). Za optimálních podmínek zdravý mladý organismus vytvoří do dvaceti let věku tak velký objem vysoce mineralizované kostní tkáně, že v průběhu života – ani v případě působení negativních vlivů – není úbytek kostní tkáně závažný a pravděpodobnost rozvoje osteoporózy (tj. snižování hustoty kostní tkáně) s řadou vážných komplikací je velmi nízká.

Poškozená kostní tkáň (např. po zlomenině) regeneruje. **Regenerace** trvá poměrně dlouho, údaj o 6–8 týdnech je hrubě orientační a závisí na řadě okolností – typu a charakteru zlomeniny, věku, hormonálních poměrech, způsobu výživy atd.

### 1.2.3 SVALOVÁ TKÁŇ

Svalová tkáň (svalovina) je schopná **měnit napětí** (tonus), **stahovat se** (smrštění, zkrácení, kontrakce), **uvolňovat** (relaxace) i **protahovat**. Kontrakci a relaxaci umožňují speciální bílkoviny ve svalových buňkách, pro kontrakci je nezbytná přítomnost Ca<sup>2+</sup>. Funkce svalové tkáně a řízení její činnosti závisí na typu svaloviny. Svalová tkáň se dělí na hladkou, příčně pruhovanou kosterní a srdeční (obr. 1.8).



**Obr. 1.8** Svalová tkáň: A – hladká, B – kosterní, C – srdeční

#### Hladká svalová tkáň

Hladká svalová tkáň (hladká svalovina) je tvořena relativně malými, jednojadernými buňkami vřetenovitého tvaru (obr. 1.8A). Tyto buňky obsahují stahové bílkoviny **aktin** a **myozin**, jejich uspořádání však nemá – v porovnání s příčně pruhovanou svalovinou – pravidelnou strukturu. Stah buňky nastupuje pomalu, přetrvává však déle, často je rytmický.

**Charakteristika** hladké svaloviny:

- vyskytuje se **ve stěnách dutých orgánů a vývodů** – hojnou vrstvu hladké svaloviny mají např. orgány trávicí trubice, močový měchýř, močovody, průdušky, průdušinky, je přítomná i ve stěně **cév** (s výjimkou vlásečnic), zvláště silnou vrstvu tvoří ve stěně tepének;
- vykazuje velkou **roztahitelnost** (*plasticita*), což umožňuje rozšíření dutých orgánů nebo – při zvýšení napětí a stahu – jejich zúžení, zkrácení, zmenšení;
- **mění aktivitu** pod regulačním vlivem: 1. vegetativní nervové soustavy (sympatikus, parasympatikus a nervový systém ve stěně trávicí soustavy) – děje se tak nezá-

visle na naší vůli (*reflexně*), 2. některých hormonů, 3. kyselých zplodin buněčného metabolismu (*katabolity*), 4. při nedostatku  $O_2$  (*hypoxie*) a nadbytku  $CO_2$  (*hyperkapnie*); situace 3. a 4. platí především pro svalovou vrstvu tepének;

- **odpovídá stahem** i na mechanické podněty (např. na protažení) nebo je schopná vlastní rytmické aktivity (více v kap. 6);
- vykazuje určitý stupeň **regenerace**.

Více informací o řízení aktivity hladké svaloviny bude uvedeno u jednotlivých orgánových soustav, především trávicí a oběhové, protože porucha její funkce sehrává důležitou roli při rozvoji řady psychosomatických onemocnění.

### Kosterní svalovina

Kosterní svalovina tvoří hmotu kosterních svalů, má buňky válcovitého tvaru, které dosahují délky až několika centimetrů, označují se proto jako **svalová vlákna** (obr. 1.8B).

- Svalová vlákna jsou mnohojaderná, v plazmě mají podélně uložená a rovnoběžně uspořádaná vlákenka, tzv. **myofibrily**, které obsahují stahové bílkoviny – k základním patří i v tomto případě **aktin** a **myozin**.
- Příčně orientované **tmavší úseky** tlustého myozinu a **světlé úseky** tenkého aktinu se v myofibrilách pravidelně střídají, v mikroskopickém obraze vyvolávají dojem příčného pruhování, proto kosterní svalovina dostala označení **příčně pruhovaná** (více v kap. 3.2).

Aktivitu kosterní svaloviny řídí hybná (motorická) vlákna periferních nervů a některých hlavových nervů, která zprostředkovávají jak **reflexní motoriku** (neúmyslnou hybnost), tak i **motoriku vědomou** (úmyslnou, volní).

### Srdeční svalovina

Srdeční svalovina (*myokard*) je rovněž příčně pruhovaná, liší se od kosterní svaloviny uspořádáním a tvarem svalových buněk (obr. 1.8C).

- Buňky myokardu připomínají svým tvarem velké písmeno Y a jsou vzájemně spojené těsnými, příčnými plazmatickými můstky (*interkalární disky*). Tvoří tak „sítě“, tj. soubuní (*syncytium*) významně urychlující vedení vzruchů myokardem.
- Aktivita srdeční svaloviny je **autonomní**, což znamená, že vzruch vyvolávající stah myokardu tvoří (generuje) srdce samo (tzv. **srdeční automacie**), takže vznik vzruchu a jeho vedení myokardem je možné bez přímé účasti nervových a humorálních vlivů. Srdeční svalovina **neregeneruje**, odumřelý myokard se hojí vazivovou jizvou.

K odumření (*nekróze*) úseku srdeční svaloviny, označované jako *infarkt myokardu* (IM), dochází při nedostatečném přívodu okysličené krve věnčitými tepnami do myokardu (*ischémie*). Její nejčastější příčinou je uzávěr věnčité tepny krevní sraženinou vznikající nad aterosklerotickým plátem při ateroskleróze cév věnčitého řečiště. K léčebnému zásahu při IM patří aplikace látek rozpouštějících krevní sraženinu, rozšiřování zúžené věnčité tepny pomocí balónkové sondy, event. zavádění

pevně výztuže do postižené cévy (*angioplastika*). V rámci prevence IM se zúžená místa věnčitých tepen překlenují cévní protézou, chirurgický zásah se označuje jako přemostění (*bypass*).

## 1.2.4 NERVOVÁ TKÁŇ

Základní stavební a funkční jednotkou nervové tkáně je **nervová buňka** (*neuron*), v nervové tkáni jsou i **podpůrné buňky** (*glie*), které jsou nezbytné pro fyziologickou stavbu i funkci neuronů.

Neuron se skládá z **těla**, krátkých **výběžků** (*dendrity*) a dlouhého **axonu** (*neurit, nervové vlákno*) (viz obr. 12.3). Dendrity jsou vlákna dostředivá (*afferentní*), vedou vzruchy k tělu neuronu. Axon je vlákno odstředivé (*eferentní*), vede vzruchy z neuronu k cílové buňce (*efektor*), kterou může být další neuron (jeho dendrit, tělo, počáteční úsek axonu), svalové vlákno nebo žlázová buňka. Většina axonů (s výjimkou počátečního úseku) je pokryta **myelinovou pochvou** různé tloušťky. Myelinovou pochvu přerušují speciální zářezy (Ranvierovy), které urychlují vedení vzruchu axonem (více v kap. 12.2.1.1).

V průběhu života počet neuronů postupně klesá (nahrazují je gliové buňky) a záhy po narození neurony ztrácejí schopnost se dělit. Neurony neregenerují, ale jak výzkumy z posledních let ukazují, mohou vznikat diferenciací kmenových buněk. V ČR se této problematice věnuje Fyziologický ústav Akademie věd. Axony periferních nervů, jsou-li přetáté např. úrazem, regenerují z centrálního pahýlu (část axonu spojená s tělem neuronu), regeneraci podporuje zachovaná myelinová pochva.

## 1.3 ORGÁN, ORGÁNOVÉ SOUSTAVY, ORGANISMUS

---

### 1.3.1 ORGÁN

Různé typy tkání se specificky seskupují, zřetelně oddělují od okolí a formují orgány, např. mozek, žlázu, plíce, srdce atd. Orgán může plnit více funkcí, jedna z jeho tkání má však většinou rozhodující význam a určuje hlavní funkci orgánu.

Jako příklad lze uvést ledviny, jejichž hlavní funkcí je výdej odpadních látek z těla, ale kromě toho tvoří látku řídící tvorbu červenýchrvinek (erytropoetin), látku významně ovlivňující hodnotu krevního tlaku (renin) a jsou místem chemické přeměny předchůdce vitamínu D na jeho aktivní formu D<sub>3</sub>.

Některé orgány zabezpečují komunikaci organismu se zevním prostředím – plíce s atmosférickým vzduchem, žaludek shromažďuje požitou potravu, v močovém měchýři se hromadí moč před vyloučením z těla.