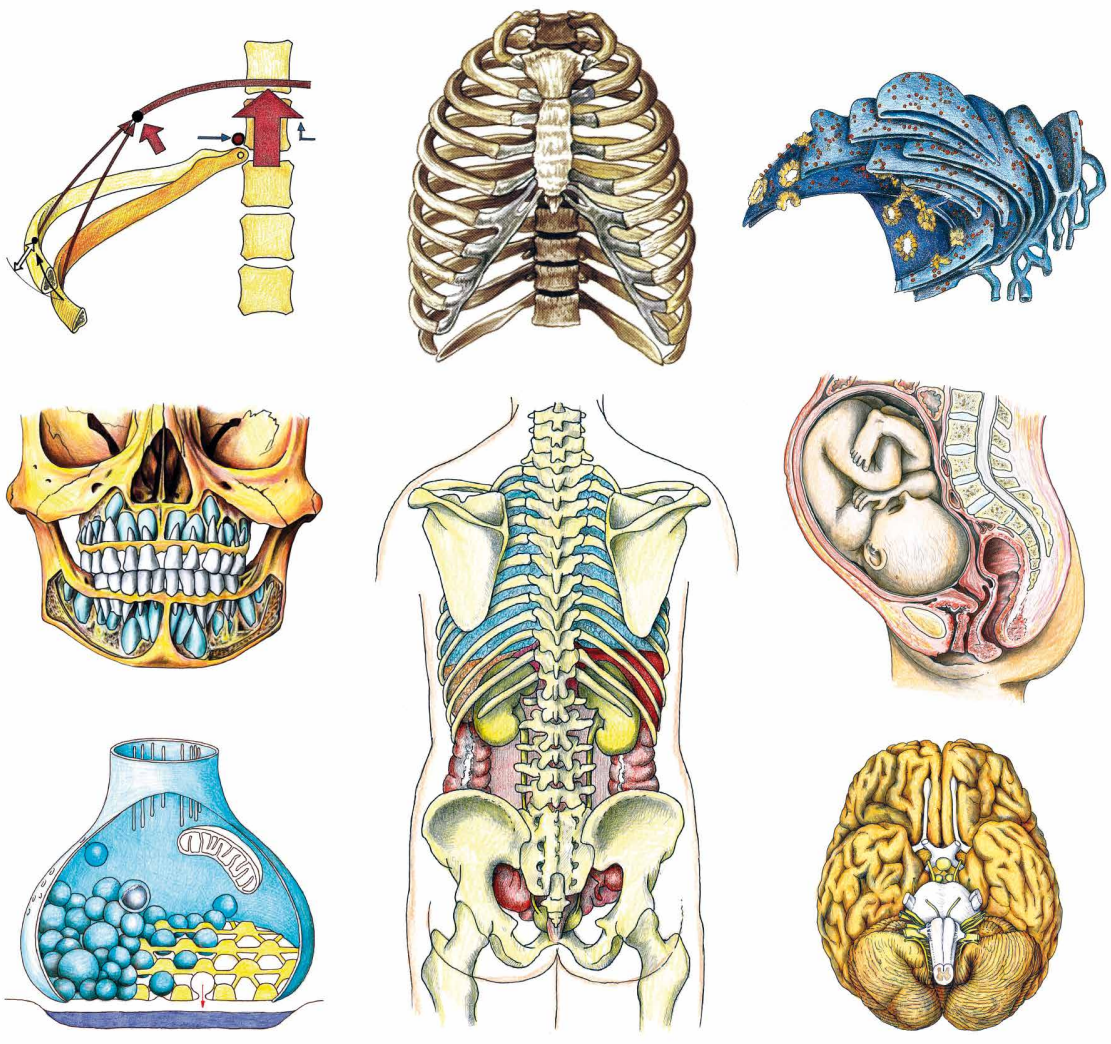
GRADA®

Ivan Dylevský

Somatologie

pro předmět
Základy anatomie a fyziologie člověka

3., přepracované a doplněné vydání



Ivan Dylevský

Somatologie

pro předmět
Základy anatomie a fyziologie člověka

3., přepracované a doplněné vydání

GRADA Publishing

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy
Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována ani šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude ***trestně stíháno****.*

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.

SOMATOLOGIE

pro předmět Základy anatomie a fyziologie člověka

3., přepracované a doplněné vydání

Autor: prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
Recenzent: prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA

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

© Grada Publishing, a.s., 2019
Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2019
Ilustrace na obálce Bc. Tomáš Laub
Obrázky v knize pocházejí z archivu autora. Autorem kreseb je Bc. Tomáš Laub.

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
jako svou 7128. publikaci
Odpovědný redaktor Mgr. Luděk Neužil
Sazba a zlom Antonín Plicka
Počet stran 312
3. vydání, Praha 2019
Vytiskl TNM PRINT s.r.o., Chlumec nad Cidlinou

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

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

ISBN 978-80-271-2673-6 (ePub)
ISBN 978-80-271-2662-0 (pdf)
ISBN 978-80-271-2111-3 (print)

O autorovi

Prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc., je přední český morfolog, emeritní vedoucí anatomických pracovišť Univerzity Karlovy a Jihočeské univerzity. V současné době působí jako děkan Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT. Publikoval přes 250 vědeckých, pedagogických a popularizačních textů. Předmětem jeho dlouhodobého zájmu je anatomie dětského těla a kineziologie. Založil nový obor – nipioanatomii, tj. moderní koncept morfologie dětského těla. Publikací dvojdílné monografie petrifikoval tento obor v české i světové odborné literatuře. Vytvořil rozsáhlý text kineziologie a patokineziologie, který tvoří jeden ze základů nového vědního oboru – věd o pohybu v normě a v patologii. Zasloužil se o prosazení koncepce výuky funkční anatomie do programu řady vysokých škol.

Obsah

Úvod 11

1 Základní jednotka živé hmoty 13
1.1 Lékařské vědy 13
1.2 Buňka a buněčné organely 17
1.2.1 Biomembrány 19
1.2.2 Vláknité struktury 19
1.2.3 Hrudkovité částice 19
1.2.4 Buněčná membrána 20
1.2.5 Endoplazmatické retikulum 20
1.2.6 Golgiho komplex 21
1.2.7 Lyzozomy 22
1.2.8 Ribozomy 22
1.2.9 Mitochondrie 22
1.2.10 Centriol 22
1.2.11 Cytoplazma a cytoskelet 22
1.2.12 Buněčné jádro 23
1.2.13 Jadérko 23
1.2.14 Chromozomy 23
1.3 Buněčné dělení a diferenciace 25
1.3.1 Nepřímé dělení – mitóza 26
1.3.2 Redukční dělení – meióza 26
1.3.3 Diferenciace 27
1.4 Lékařská genetika 27
1.4.1 Základní genetické pojmy 28
1.4.2 Lékařská genetika 29
1.4.3 Tvorba bílkovin 29
1.4.4 Vrozené vady 30

2 Funkční anatomie tkání 31
2.1 Tkáň a orgán 31
2.2 Epitelové tkáně (epitely) 32
2.3 Pojivové tkáně 34
2.3.1 Vazivo 34
2.3.2 Chrupavka 35
2.3.3 Kostní tkáň 35
2.4 Svalová tkáň 37
2.5 Nervová tkáň 38
2.6 Regenerace tkání 39
2.7 Vnější a vnitřní prostředí organismu 40
2.8 Dětské tkáně 41

3 Pohybový systém 45
3.1 Obecná stavba kosti 45
3.1.1 Kost – orgán 45
3.2 Páteř a kostra hrudníku 49
3.2.1 Páteř 49
3.2.2 Kostra hrudníku 53
3.3 Lebka 54
3.3.1 Kostra obličejové části lebky 54
3.3.2 Kostra mozkového oddílu lebky 56
3.3.3 Lebka jako celek 58
3.4 Kostra končetin 60
3.4.1 Stavební plán kostry končetin 61
3.4.2 Lopatkový pletenec 61
3.4.3 Kostra volné horní končetiny 61
3.4.4 Pánevní pletenec a kostra pánve 63
3.4.5 Klinický význam pánevních rovin a pánevních rozměrů 64
3.4.6 Kostra volné dolní končetiny 64
3.5 Obecná stavba kostních spojů 67
3.5.1 Kloub 67
3.5.2 Přehled kloubů horní končetiny 68
3.5.3 Přehled kloubů dolní končetiny 70
3.6 Stavba a funkce kosterních svalů 74
3.6.1 Sval 74
3.6.2 Šlacha 75
3.6.3 Svaly hlavy, krku a trupu 78
3.6.4 Svaly končetin 83
3.7 Dětský pohybový systém 88

4 Růst těla a orientace na lidském těle 93

5 Krev 97
5.1 Funkce a složení krve 97
5.1.1 Krevní plazma 98
5.1.2 Krevní buňky 99
5.2 Fyzikální a chemické vlastnosti krve 101
5.2.1 Nárazníkové vlastnosti krve 101
5.2.2 Krevní sedimentace 102
5.2.3 Osmotická odolnost červených krvinek 102
5.3 Obranné reakce organismu a krevní skupiny 102

5.3.1 Systém krevních skupin (systém AB0) 105
5.3.2 Zástava krvácení 106
5.4 Dětská krev 108

6 Krevní oběh 109
6.1 Obecná stavba a funkce cév 109
6.2 Stavební a funkční předpoklady srdeční činnosti 110
6.2.1 Obecná stavba srdeční stěny 111
6.2.2 Funkce srdce 114
6.3 Dynamika krevního oběhu 117
6.3.1 Velký oběh 119
6.3.2 Žilní systém 122
6.3.3 Specializované oblasti cévního řečiště 124
6.4 Mízní oběh 126
6.4.1 Míza 126
6.4.2 Mízní cévy 127
6.4.3 Mízní uzliny 127
6.5 Slezina 129
6.6 Dětský oběhový systém 129

7 Dýchací systém 133
7.1 Základní pojmy funkční anatomie dýchací soustavy 133
7.2 Stavba a funkce dýchacích cest 134
7.2.1 Obecná stavba dýchacích cest 134
7.3 Plíce 140
7.3.1 Mechanika dýchání 144
7.3.2 Tkáňové dýchání 147
7.4 Dětský dýchací systém 148

8 Trávicí systém 151
8.1 Základní funkce trávicího systému 151
8.2 Základy biochemie živin, enzymů a vitaminů 153
8.2.1 Bílkoviny 154
8.2.2 Nukleové kyseliny 155
8.2.3 Cukry 155
8.2.4 Tuky 156
8.2.5 Enzymy 156
8.2.6 Vitaminy 156
8.3 Obecná stavba trávicí trubice 157
8.4 Hlavový a hrudní oddíl trávicí trubice 159
8.4.1 Ústní dutina 159
8.4.2 Hltan 165
8.4.3 Jícen 167
8.4.4 Žaludek a tenké střevo 168
8.4.5 Játra, žlučové cesty a slinivka břišní 172
8.4.6 Tlusté střevo 176
8.5 Uložení a projekce orgánů břišní dutiny . 179
8.6 Dětský trávicí systém 181

9 Fyziologie výživy 187
9.1 Vitaminy 187
9.1.1 Vitaminy rozpustné ve vodě 187
9.1.2 Vitaminy rozpustné v tucích 188
9.2 Složení potravy 189
9.2.1 Bílkoviny 189
9.2.2 Tuky a cukry 189
9.2.3 Nerostné látky 190
9.2.4 Voda 190
9.2.5 Energetická hodnota potravy 191
9.3 Dětská výživa 192

10 Termoregulace 195
10.1 Řízení tělesné teploty 195
10.2 Termoregulace v dětství 195

11 Močový systém 197
11.1 Funkční anatomie ledvin 197
11.2 Vývodné močové cesty 203
11.3 Dětský močový systém 204

12 Kožní ústrojí 207
12.1 Stavba a funkce kůže 207
12.1.1 Pokožka 207
12.1.2 Škára 207
12.1.3 Podkožní vazivo 209
12.2 Vlasy a chlupy 210
12.3 Mléčná žláza 211
12.4 Dětská kůže 212

13 Pohlavní systém 215
13.1 Reprodukční systém muže 215
13.1.1 Pohlavní žlázy 215
13.1.2 Vývodné pohlavní cesty 217
13.1.3 Zevní pohlavní orgány 220
13.2 Reprodukční systém ženy 222

13.2.1 Pohlavní žlázy 222
13.2.2 Vejcovod, děloha, pochva 224
13.2.3 Menstruační cyklus 227
13.2.4 Zevní pohlavní orgány ženy 228
13.3 Základy fyziologie těhotenství 229
13.3.1 Oplození a vývoj placenty 229
13.3.2 Těhotenství a porod 231
13.4 Dětský pohlavní systém 234

14 Látkové řízení organismu 237
14.1 Obecné zásady řízení a regulace 237
14.2 Žlázy s vnitřní sekrecí 238
14.2.1 Mechanismus účinku hormonů 239
14.2.2 Neurokrinie, mezimozek, mozkový podvěsek 240
14.2.3 Mozkový podvěsek 240
14.2.4 Nadledviny 242
14.2.5 Štítná žláza 244
14.2.6 Příštítné žlázy 245
14.2.7 Slinivka břišní 246
14.3 Dětské žlázy s vnitřní sekrecí 247

15 Nervové řízení organismu 249
15.1 Obecné zásady stavby a funkce nervového systému 249
15.2 Neuron, glie, synapse 251
15.3 Stavba a funkce periferních nervů 254
15.4 Vzruch 255
15.5 Receptory 256
15.5.1 Stavba a funkce receptorů 256
15.5.2 Kožní čití, bolest 257
15.5.3 Chemické čití. Čich a chuť 258
15.6 Sluchové ústrojí 259
15.7 Orgány polohy a pohybu 261
15.8 Zrakové ústrojí 262
15.9 Mícha – míšní nervy 266
15.9.1 Stavba a funkce míchy 266
15.9.2 Míšní nervy 269
15.9.3 Přehled stavby a zapojení míšních nervů 270
15.10 Mozkový kmen 271
15.10.1 Prodloužená mícha 271
15.10.2 Přehled stavby a funkce hlavových nervů 273
15.11 Mezimozek a autonomní funkce 275
15.11.1 Mezimozek 276
15.11.2 Řízení činnosti hladkého svalstva 276
15.12 Mozková kůra 278
15.12.1 Stavba mozkové kůry 278
15.12.2 Funkce mozkové kůry 279
15.12.3 Řízení pohybu a polohy těla 280
15.12.4 Mozeček 281
15.13 Asociační funkce mozkové kůry 282
15.14 Krevní zásobení a obaly mozku 285
15.14.1 Krevní zásobení mozku a míchy 285
15.14.2 Obaly a komory centrálního nervového systému – mozkomíšní mok 285
15.15 Dětský nervový systém 286

Doplňková literatura k dalšímu studiu 291

Seznam zkratek 293

Rejstřík 295

Souhrn 305

Summary 307

Úvod

Aktuální podoba textu *Somatologie* je výsledkem kritického zhodnocení řady učebnic, které pro potřeby středoškolského a později i bakalářského studia zdravotnických oborů vznikaly již téměř před stoletím. Vzhledem k současnému a předpokládanému vývoji našeho školství odpovídá současná učebnice nejen požadavkům výuky somatologie na zdravotnických a vyšších zdravotnických školách, ale i požadavkům studentů, kteří se na různých typech středních škol připravují ke studiu na lékařských fakultách a na dalších typech škol s biomedicínským a paramedicínským zaměřením.

Širokému spektru potenciálních zájemců a uživatelů *Somatologie* je přizpůsoben rozsah, forma a obsah textu i typ ilustrací. Učebnice se tak blíží běžnému evropskému standardu příruček obdobného zaměření.

Prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.

1 Základní jednotka živé hmoty

Lékařské vědy
Buňka a buněčné organely
Dělení buněk
Lékařská genetika

1.1 LÉKAŘSKÉ VĚDY

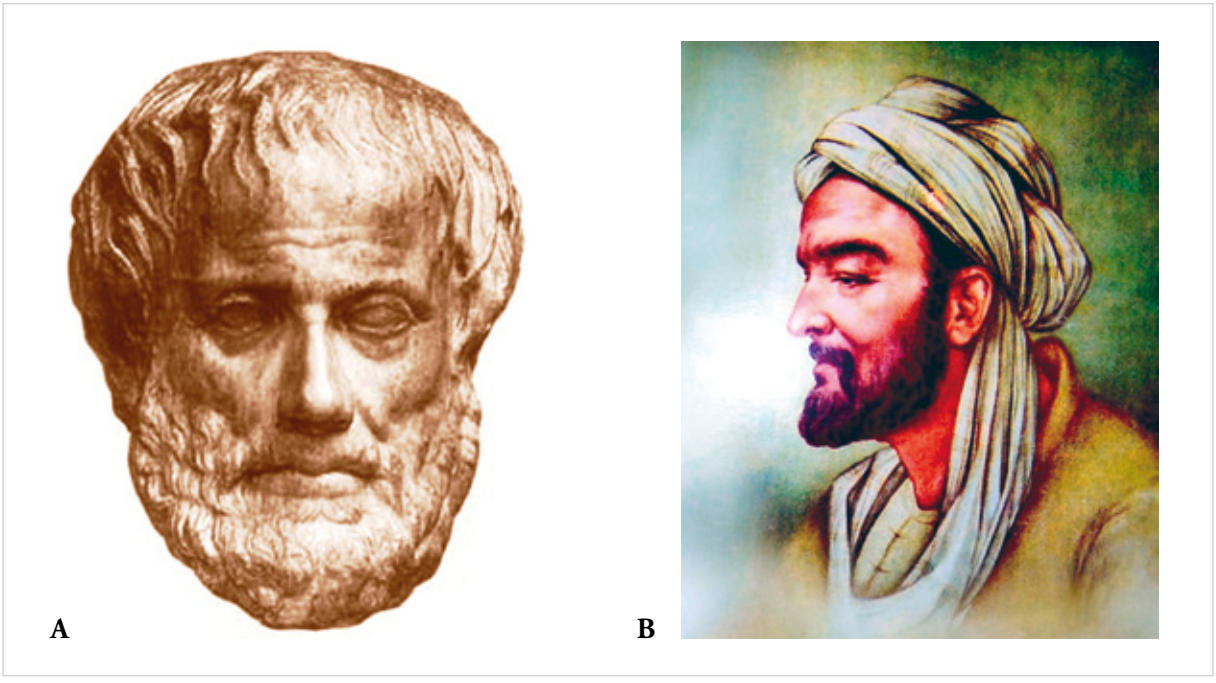
Shrnutí základních znalostí

1. **Biologie** je věda o živých organismech. Je součástí přírodních věd.
2. **Somatologie** studuje stavbu a funkci lidského organismu; vztahy člověka a prostředí. Biologické vědy dělíme na morfologické (anatomie, histologie, embryologie) a funkční (fyziologie, biofyzika, biochemie). Zákonitostmi dědičnosti a proměnlivosti organismů se zabývá genetika.
3. **Lékařské vědy** spojují biologické a společenské vědy. Speciální obory medicíny se zaměřují na studium anatomických a funkčních změn v průběhu chorob a na jejich předcházení a léčení.

První poznatky o stavbě svého těla získával člověk jistě nechtěně – při zranění a jeho ošetřování. Provádění pitev, které byly vždy základním zdrojem poznatků o stavbě lidského těla, bylo v historii společnosti vždy závislé na společenské a kulturní úrovni dané společnosti.

Starověk připustil pitvu zvířecích a v některých kulturních obdobích i pitvu lidských těl. Řečtí filozofové, přírodovědci a lékaři – **Aristoteles** (384–322 př. n.l.) a **Galenus** (129–200 n.l.) buď sami pitvali, nebo měli základní anatomické vědomosti získané léčením poranění (obr. 1.1). Znali hlavní části kostry a některé orgány hrudní, břišní a lebeční dutiny i orgány pánve. Jejich znalosti byly pro středověk zachovány díky spisům arabského učence **Ibn el Síny** (Avicenny, 980–1037 n.l.).

Středověk nepřinesl ve studiu anatomie podstatný pokrok. Církev zakázala pitvy lidských těl a za překročení zákazu byl v podstatě trest smrti. Až ve vrcholném období evropského středověku (14.–15. století) byly na některých univerzitách (Itálie, Nizozemí) pitvy výjimečně povolovány.



Obr. 1.1 *Aristoteles ze Stageiry (A) a Ibn el Sína (B)*

Mimoevropské kultury (asijské, africké a jihoamerické) dosáhly v období evropského středověku v některých směrech i vyššího stupně poznání stavby těla, než byl evropský standard. Evropskou lékařskou vědu však významněji neovlivnily.

Teprve novověk znamenal pokrok v poznání stavby lidského těla.

Zakladatel **anatomie novověku, A. Vesalius** (1514–1564), kriticky prověřil všechny starověké anatomické poznatky a na základě vlastních pitevních zkušeností sepsal první, skutečně vědeckou anatomii lidského těla (1543) (obr. 1.2).

V českých zemích provedl v r. 1600 první veřejnou a podrobněji popsanou pitvu **J. Jesenský** (Jessenius, 1566–1621), lékař, profesor a rektor Univerzity Karlovy (obr. 1.3).

Jedním ze **zakladatelů fyziologie** byl Angličan **W. Harvey** (1578–1657), který navázal na nové anatomické poznatky a stal se objevitelem velkého a malého krevního oběhu (1642). Další zásadní fyziologické objevy musely na své autory počkat téměř dvě stě let (obr. 1.4).

Je třeba si uvědomit, že přes nesporný význam, který měly základní anatomické poznatky o stavbě lidského těla pro vývoj lékařských věd, začíná teprve v devatenáctém století skutečně vědecký, biologický výzkum podmíněný rozvojem fyziky, chemie a mikrobiologie, tj. začíná hledání objektivně platných biologických zákonů a jejich prověřování v praxi. Teprve v průběhu 16.–18. století se také postupně ustalovala náplň medicíny a biologie přibližně tak, jak tyto obory chápeme dnes. Středověký lékař byl zároveň přírodovědcem, filozofem a zpočátku často i duchovní osobou – knězem. I označení biologie jako vědy o živé přírodě vzniklo až koncem 18. století.

Často ani poměrně dobrá znalost stavby orgánů nevedla automaticky k poznání jejich základních funkcí. Teprve zavedení pokusu – experimentu do výzkumné práce znamenalo zásadní pokrok.

Obr. 1.2 *Andreas Vesalius*

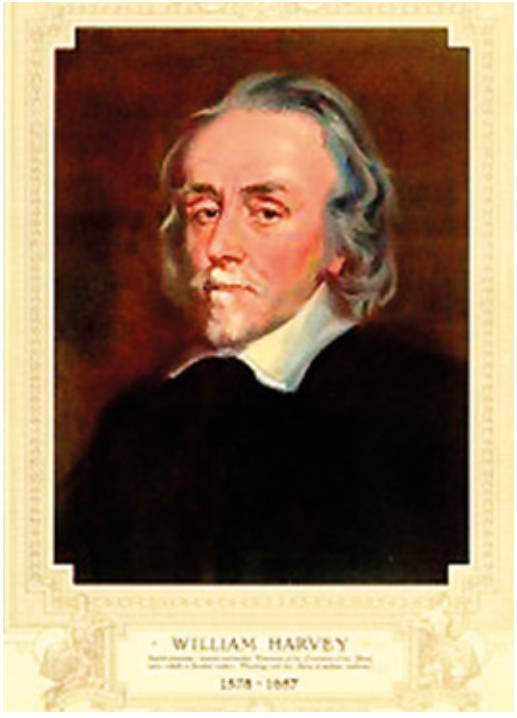
Již zmíněný W. Harvey – objevitel krevního oběhu – a **A. von Haller** (1708–1777), byli jedni z prvních fyziologů, kteří používali pokus na zvířeti. V Praze experimentoval **J. Prochaska** (1749–1820), který svými objevy položil základy učení o reflexní podstatě činnosti nervového systému. **J. E. Purkyně** (1787–1869) založil první fyziologický ústav na světě a objevil řadu zákonitostí v činnosti smyslů a nervové soustavy.

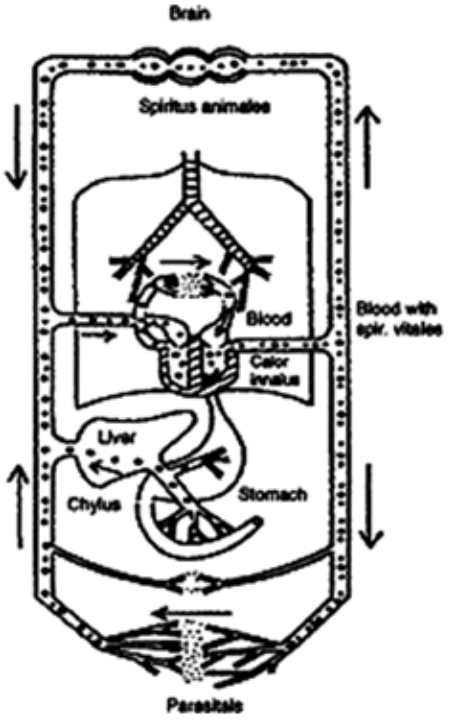
Druhá polovina devatenáctého století a počátek dvacátého století jsou vyplněny objevy z fyziologie trávení (**I. P. Pavlov**, 1849–1936), nervového a svalového systému (**C. Bernard**, 1813–1878, **I. M. Sečenov**, 1829–1905) a dalších orgánových soustav.

Výsledky fyziologických pokusů, doplněné studiem stavby lidského těla, znamenaly pro medicínu obrovský pokrok. Počátkem dvacátého století dostaly lékařské vědy první vědecký základ vybudovaný anatomickými a fyziologickými obory. Biofyzika a biochemie se vyvíjela až v návaznosti na rozvoji základních vědeckých disciplín – fyziky a chemie.

Ze zásadních – dnes již klasických objevů, které významně zasáhly do vývoje lékařství, to byl objev tzv. X paprsků, které dostaly po svém objeviteli název

Obr. 1.3 *Jan (Johan) Jessenius*





Obr. 1.4 *William Harvey*

rentgenové záření (**W. C. Röntgen**, 1845–1923); objev přirozené radioaktivity (**Pierre a Marie Curie**, 1859–1906, 1867–1934); vytvoření první „umělé" organické látky – močoviny (**F. Wöhler**, 1800–1882) a odhalení struktury DNA, což přispělo k rozluštění dědičného kódu (**F. H. C. Crick**, 1916–2004, **J. D. Watson**, nar. 1928). Poznání obecných pravidel řízení umožnilo zavádění výpočetní a informační techniky v biologii i v medicíně (**N. Wiener**, 1894–1964). Vyvíjí se nový vědní obor – kybernetika.

Kombinací výpočetní a RTG techniky (1974) vznikly a dále se rozvíjejí revoluční vyšetřovací techniky typu **CT** (počítačová výpočetní tomografie). Dnes tyto techniky umožňují nejen vyšetřit anatomickou stavbu orgánů v trojrozměrném a barevném záznamu (DSR), ale dovolují zachytit i úroveň látkové výměny zobrazeného orgánu (PET), průtoky krve (DSA) atd. Na zcela jiných principech pracuje technika **NMR** (nukleární magnetická rezonance, MR), která rozlišovací schopností a zobrazením detailů překonává všechny dosud používané vyšetřovací techniky. Z hlediska praktického uplatnění v medicíně můžeme zmíněné vyšetřovací metody a objevy molekulární biologie využívané v genetice, považovat za nejvýznamnější vědecké výsledky konce dvacátého století.

Lékařské vědy se zabývají předcházením a léčením chorob a péčí o zdraví a harmonický vývoj člověka. Spojují v sobě obory biologického charakteru (např. anatomii, fyziologii) a společenské vědy (psychologii, sociologii) se speciálními lékařskými obory (chirurgií, patologií atd.).

Obory biologického charakteru dělíme na morfologické a funkční.

- **Morfologické vědy** studují tvar, vývoj a stavbu živých organismů. Předmětem studia lékařské morfologie je člověk – lidské tělo. Morfologické obory jsou historicky starší než obory funkční. Podle použitých pracovních metod rozlišujeme anatomii, histologii a embryologii. (Toto rozlišení je zcela schematické a vychází z historie jednotlivých oborů. Experimentální anatomie např. využívá pokus stejně jako fyziologie.)

Anatomie zkoumá organismy z hlediska jejich **tvaru, velikosti, vývoje, stavby a uložení orgánů.** Klasickou pracovní metodou anatomie je pitva.

Histologie se zabývá studiem **mikroskopické a ultramikroskopické stavby** tkání a orgánů. Základní metodou oboru je zkoumání tkání pomocí mikroskopu. Vývoj oboru proto vždy souvisel s konstrukcí a vývojem mikroskopické techniky. Sestrojení **elektronového mikroskopu** (E. Ruska, 1906–1988) umožnilo např. pozorování molekulární struktury buněk a tkání a spojilo tak morfologické vědy s molekulární biologií.

Samostatným oborem je dnes **cytologie**, zabývající se zkoumáním buňky a buněčných organel. Tvoří „strukturální" základ jedné části genetiky.

Embryologie je obor studující **vývoj oplozeného vajíčka** a **vývoj zárodku**. Zkoumá anatomickou, mikroskopickou i submikroskopickou strukturu zárodku a zákonitosti jeho vývoje. Studuje také vztahy mezi zárodkem a mateřským organismem (u savců) a zárodkem a vnějším prostředím.

- **Funkční obory** se zabývají fyzikální a chemickou podstatou životních projevů a činností jednotlivých orgánů i organismů jako celku. Základními pracovními metodami funkčních oborů jsou pozorování a pokus. Pokus je pozorování za přesně definovaných a zpravidla zjednodušených podmínek. Pokus využívá i pozorování na modelových organismech (pokusných zvířatech) a modelování s využitím výpočetní techniky.

Biofyzika studuje fyzikální změny, které provázejí činnost buněk, tkání i celých organismů. Studuje také působení fyzikálních vlivů na organismy, např. účinky různých typů záření. Je to hraniční obor mezi biologií a fyzikou.

Biochemie je vědní obor, který se zabývá chemickým složením organismů, **přeměnami a funkcí** různých látek v organismu i **působením chemických látek** na živé organismy. Biochemie je hraniční obor mezi biologií a chemií. Speciálním segmentem biochemie je např. nauka o jedech a jejich vlivu na organismus – **toxikologie**.

Fyziologie zkoumá výkony, funkce a řízení jednotlivých orgánů i organismu jako celku. Jejím úkolem je poznat a pochopit podstatu těchto dějů a stanovit mechanismy, kterými se realizují. Lékařská fyziologie je fyziologií organismu člověka.

Genetika je věda o dědičnosti a proměnlivosti organismů. Studuje schopnost organismů **předávat dědičné vlohy** potomstvu a podíl těchto vloh na vytváření morfologických i fyziologických vlastností organismů. Studuje dědičné i nedědičné **příčiny proměnlivosti**. Lékařská genetika studuje příčiny **dědičných onemocnění** a možnosti jejich **prevence**.

- **Speciální lékařské (medicínské) obory** jsou zaměřeny na studium podstaty chorob, tj. především jejich **původce, projevy, prevenci a léčbu**. K oborům, které mají především preventivní charakter patří hygienické obory a lékařská genetika. Na studium příčin a projevů nemocí je zaměřena **patologie**. Projevy nemocí vnitřních orgánů, jejich prevencí a léčbou se zabývá **vnitřní lékařství (interní lékařství)**. Studium léčení mechanickými zásahy, především operacemi, se věnují **chirurgické obory**. Onemocněními nervové soustavy se zabývá **neurologie** a poruchami projevujícími se poruchami tzv. psychické (duševní) činnosti se věnuje **psychiatrie**. Onemocněním typickým pro dětský věk, jejich předcházení a léčení se věnuje **dětské lékařství (pediatrie)**. Chorobami ženských pohlavních orgánů a léčením poruch plodnosti se zabývá **ženské lékařství (gynekologie)**. Vedením porodu se zabývá **porodnictví**. Rozvoj poznání vede ke stále větší specializaci. Uvnitř oborů vznikají podobory, které se věnují činnosti a chorobám jednotlivých orgánů včetně jejich prevence a léčby.

Somatologie (tělověda) není samostatným vědeckým oborem. Jde o předmět, který vznikl z didaktické potřeby shrnout přístupnou formou základy anatomie, fyziologie a některých dalších oborů do celku, který by umožnil navazující studium speciálních lékařských a nelékařských zdravotnických oborů.

Slovník

anatomie (ř. *anatemno* – rozřezávám) – věda o tvaru, stavbě a vývoji živých organismů

biofyzika (ř. *bios* – život, ř. *fysis* – příroda) – věda o fyzikálních pochodech v živých organismech a vlivech fyzikálních jevů na organismus

biochemie (ř. *bios* – život) – věda o složení organismů a látkové přeměně, která v nich probíhá

biologie (ř. *bios* – život, ř. *logos* – nauka) – věda o živých organismech, studuje stavbu, vlastnosti a projevy organismů a vztahy mezi nimi a prostředím

cytologie (ř. *kýtos* – buňka, ř. *logos* – nauka) – věda o stavbě a funkci buněk a buněčných organel

embryologie (ř. *embryon* – zárodek, ř. *logos* – nauka) – nauka o vzniku a vývoji zárodku

fyziologie (ř. *fysis* – příroda, ř. *logos* – nauka) – věda o funkcích orgánů a organismů a jejich řízení

genetika (ř. *genos* – rod) – věda o dědičnosti a proměnlivosti organismů, o jejich vývoji a původu

gynekologie (ř. *gyné* – žena, ř. *logos* – nauka) – ženské lékařství, věda o ženských pohlavních orgánech, jejich chorobách a léčení

histologie (ř. *histos* – tkáň, ř. *logos* – nauka) – věda o mikroskopické stavbě tkání

interna (lat. *internus* – vnitřní) – věda o chorobách vnitřních orgánů a jejich léčení, vnitřní lékařství

medicína (lat. *medicus* – lékař) – lékařství, lék

mikroskopický (ř. *mikros* – malý, ř. *skopeo* – pozoruji) – malý, neviditelný pouhým okem

morfologie (ř. *morfé* – podoba, tvar, ř. *logos* – nauka) – věda o stavbě a tvaru organismů a orgánů

organismus (ř. *organos* – ústrojí) – živý jedinec, jehož tělo je složeno z orgánů (dříve „ústrojenec“)

patologie (ř. *pathos* – útrapa, choroba, ř. *logos* – nauka) – věda o chorobných změnách a chorobných pochodech v organismu

pediatrie (ř. *pais* – dítě, ř. *iatreia* – léčení) – nauka o chorobách dětí, jejich předcházení a léčení; dětské lékařství

psychologie (ř. *psyche* – duše, ř. *logos* – nauka) – věda o duševní činnosti, o způsobu myšlení

sociologie (lat. *socius* – druh, ř. *logos* – nauka) – věda o lidské společnosti a vztazích mezi lidmi

ultramikroskopie (lat. *ultra* – přes, ř. *mikros* – malý, ř. *skopeo* – pozoruji) – věda studující stavbu tkání a buněk v elektronovém mikroskopu se zvětšením až 250 000krát a rozlišovací schopností 1–2 nanometry.

1.2 BUŇKA A BUNĚČNÉ ORGANELY

Shrnutí základních znalostí

1. Základní **stavební a funkční jednotkou** organismů je **buňka**. Buňka je nejmenším anatomickým a funkčním celkem schopným samostatného života.
2. **Stavebními prvky** buňky jsou membrány, vlákna a hrudkovité částice.
3. **Organely** nezbytné pro tvorbu bílkovin jsou: **jádro, jadérko, ribozomy** a **Golgiho komplex**. Zdrojem energie je oxidace látek v **mitochondriích**. Transport v buňce zajišťují **buněčné membrány** a **endoplazmatické retikulum**. **Lyzozomy** obsahují štěpící enzymy. Centrioly v živočišných buňkách navozují vznik dělicího vřeténka.

4. **Cytoplazma** je tvořena cytoskeletem a roztokem různých látek.
5. **Buněčné jádro** obsahuje **chromozomy** a **jadérko**. Počet a tvar chromozomů je pro každý druh typický a stálý. Chromozomy jsou nositeli dědičných vloh.
6. **Člověk má v somatických buňkách 46 chromozomů.** Ženské pohlaví je určeno kombinací pohlavních chromozomů **XX**; mužské pohlaví kombinací **XY**.

Pojem buňka byl znám již v 17. století (**R. Hooke**, 1665). Při pozorování buněk byl nejnápadnější buněčný obal, proto byla buňka popisována jako měchýřek (prostor) ohraničený blanou. Teprve mnohem později bylo popsáno **jádro** (**J. E. Purkyně**, 1825). Purkyně rovněž jako jeden z prvních přisoudil buňce funkci základní jednotky živé hmoty (1837), i když vytvoření ucelené a řádně publikované buněčné teorie (1839) je asi oprávněně připisováno **T. Schwannovi** (1810–1882) a **M. J. Schleidenovi** (1804–1881). Rozvoj poznatků o stavbě buňky byl vždy závislý na technické úrovni pozorovacích zařízení – na vývoji mikroskopu a na zařízeních sloužících k řezání tkání. Vývoj mikroskopu, rozvoj barvicích metod a metod na zpracování tkání umožnily vznik a pokrok celé řady oborů – cytologie, histologie a mikroskopické anatomie. Malá zvětšení umožňuje spojná čočka. Větší zvětšení už lze dosáhnout pouze soustavou čoček – mikroskopem.

První prakticky využitelné zařízení (1670) pro mikroskopické pozorování sestavil **A. van Leeuwenhoeck** [Léuvenhuk] (1632–1723) v Nizozemí (obr. 1.5). Nejprve zdokonalil broušení čoček, resp. nahradil je drobnými skleněnými kuličkami, a svým jednoduchým „mikroskopem" pozoroval krvinky, kvasinky a další jednobuněčné organismy i tkáně. Teprve zdokonalení mikroskopu na základě poznatků fyzikální optiky, umožnilo v 18. století základní popis stavby buněk a rozlišení hlavních typů tkání. Jedním z průkopníků mikroskopie byl i již zmíněný **J. E. Purkyně**. Světelný mikroskop umožnil základní popis téměř všech buněčných organel, struktury jádra, objev chromozomů a jejich úlohy v přenosu dědičných vloh. Další poznatky byly důsledkem rozvoje chemie a fyzikální chemie, a dalším zdokonalením barvicí techniky. Konstrukci světelného mikroskopu však nelze zlepšovat neomezeně. Jeho rozlišovací schopnost je omezena vlnovou délkou viditelného záření – světla. Prakticky využitelné zvětšení světelným mikroskopem je asi 2000krát.

Další pokrok v pronikání do jemné struktury stavby buněk umožnil vynález **elektronového mikroskopu** (1934), který místo světelných paprsků (fotonů) vy-

Obr. 1.5 *Anthony van Leeuwenhoeck*

užívá proud elektronů emitovaných ze speciální lampy. Po vhodné úpravě pozorovaného objektu lze dosáhnout zvětšení asi 180–200 000krát. Při tomto zvětšení a vynikající rozlišovací schopnosti je již možné pozorovat strukturu buněk až na úroveň jejího molekulárního složení. Spolu s využitím rentgenového záření a dalších technik, vytvořil elektronový mikroskop předpoklady pro vznik molekulární biologie buňky.

Buňka je základní jednotkou organizace živé hmoty.

Všechny živočišné buňky mají stejné **stavební prvky**:

- **buněčné membrány** (biomembrány);
- **vlákna** (vláknité bílkoviny);
- **hrudkovité částice**.

1.2.1 Biomembrány

Základem všech biomembrán je trojvrstevný útvar – tzv. **jednotková membrána** o síle asi 7,5 nm (1.10^{-9} m) tvořená tuky a bílkovinami. Molekuly tuků jsou uspořádány do dvojvrstvy a orientovány nesmáčivými konci dovnitř a smáčivými na povrch membrány. V této dvojvrstvě jsou nepravidelně rozloženy molekuly bílkovin. Některé bílkoviny procházejí celou membránou, jiné jsou do ní pouze zanořeny. Další jsou pouze na povrchu membrány a „čnějí" do okolí. Membrány mají polotekutý charakter a jsou v neustálém pohybu a přestavbě. (Viz obr. 1.6)

Biomembrány mají pro život buňky zásadní význam. Dvojitá vrstva molekul tuku vytváří **rozhraní** mezi buňkou a prostředím i mezi jednotlivými částmi buňky s různým látkovým složením. Biomembrána volně propouští vodu a některé prvky, ale zabraňuje neřízené směně dalších prvků a látek. Aktivní, řízený **transport** prvků a chemicky složitějších látek zajišťují membránové bílkoviny.

Některé bílkoviny membrány mají funkci **receptorů**. Receptory přijímají podněty z okolí a mají důležitou roli v buněčné dráždivosti. Jiné receptorové bílkoviny vytvářejí ve spojení s cukry na povrchu buněk molekulární struktury typické a specifické pro každou buňku (i organismus), a umožňují tak rozlišení vlastních a cizích buněk. Tato funkce je nezbytná např. pro ochranu organismu před infekcí. Na membránách jsou v buňce navázány také enzymy a některé buněčné organely.

1.2.2 Vláknité struktury

Vláknité bílkovinné struktury zajišťují jak stálost, tak i proměnlivost tvaru buňky. Tvoří její vnitřní **mechanickou oporu** a podmiňují tak schopnost **buněčného pohybu**. Základními stavebními prvky tohoto typu jsou **mikrotrubičky** a **vlákna**. Stěny mikrotrubiček jsou obvykle tvořeny klubíčky bílkovin seřazených do šroubovice. Vytvářejí vnitřní „kostru" buňky, tvoří trubičky dělicího vřeténka a jsou základem řasinek a bičíků. Vlákna jsou složena ze spirálně uspořádaných bílkovin. Změny tvaru a prostorové orientace molekul bílkovin v trubičkách a vláknech, umožňují změny tvaru buněk, pohyb organel i pohyb celých buněk.

1.2.3 Hrudkovité částice

Příkladem hrudkovitých částic je **ribozom**. Každý ribozom je tvořen dvěma podjednotkami složenými z RNA a bílkovin. Ribozomy jsou přichyceny na zevním povrchu stěny (membrány) endoplazmatického retikula. Na ribozomech probíhá hlavní část tvorby bílkovin. (Některé typy ribozomů jsou i volně roztýleny v cytoplazmě buňky.)

Základní **buněčné funkce** jsou stejně univerzální a jednotné pro všechny organismy jako stavební prvky buňky. Tvar a funkce jsou neoddělitelné. Funkce buněk jsou charakterizovány především schopností:

- **uchovat genetickou informaci** (DNA) a reprodukovat se. Nové buňky mohou vznikat jen z buněk již existujících;
- **syntetizovat** na základě genetické informace **bílkoviny** pro svoji vlastní funkci, i pro celý organismus;
- zajistit **stálost vnitřního prostředí** a řízenou výměnu a přeměnu látek a energií.

Kromě jednobuněčných a mnohobuněčných organismů existují formy života, které nemají buněčnou strukturu. Jsou to **viry** a **rickettsie**. V podstatě jde o molekuly **DNA** nebo **RNA** v bílkovinném obalu. Jsou schopné se množit jen v živočišných nebo rostlinných buňkách. Do buněk pronikají pomocí svých enzymů a k reprodukci využívají organely, látky i energii buňky. Mimo buňky nejeví známky života.

Pravděpodobně jde o vysoce specializované **parazitické organismy**, které ztratily buněčnou stavbu. Některé z nich jsou schopné se do buněk trvale začlenit a ovlivněním buněčného dělení vyvolat nádorové onemocnění. Viry byly již připraveny i uměle.

Bakterie jsou jednobuněčné organismy s členitou buněčnou strukturou a všemi projevy životních funkcí. Nemají ale anatomicky ohraničené jádro. Kruhová molekula DNA je uložena přímo v cytoplazmě, bez ohraničení jadernou membránou.

1.2.4 Buněčná membrána

Buňka je ohraničena buněčnou membránou (obr. 1.6). Uvnitř buňky je cytoplazma, ve které leží buněčné organely.

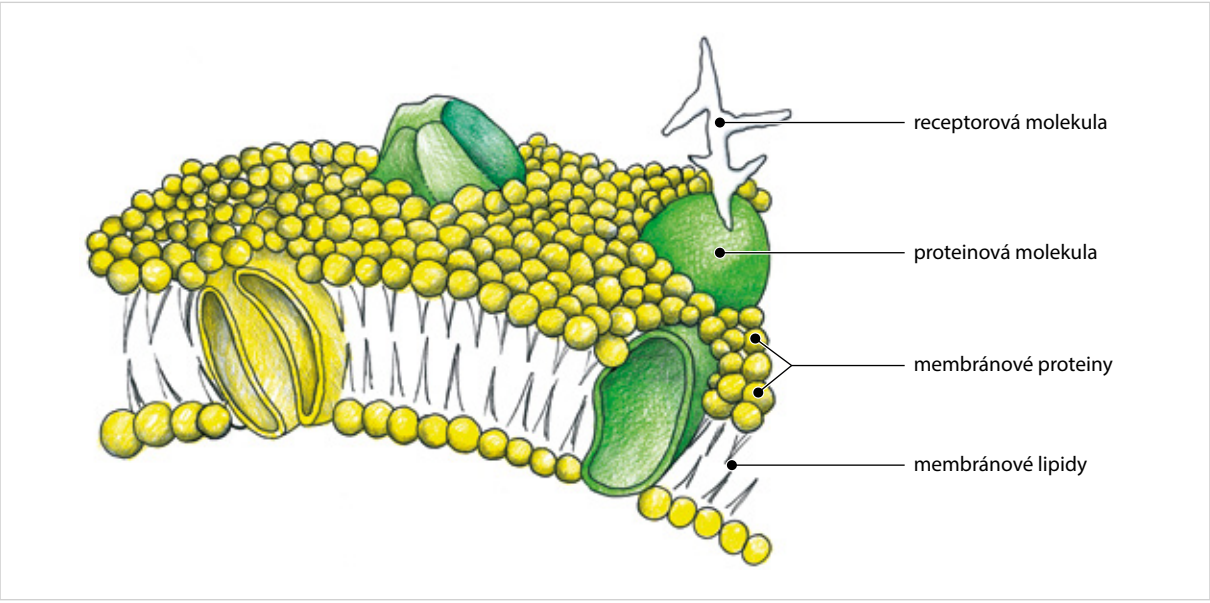
Cytoplazmatická membrána je sice patrná již ve světelném mikroskopu, ale její strukturu objasnila až elektronová mikroskopie. Jde o typickou biomembránu, jejíž vlastnosti určuje její složení. Některé látky mohou procházet volně (difundují), pro jiné je průchod membránou řízený, nebo jsou aktivně vychytávány z mezibuněčných prostorů. Menší molekuly prostupují otvory (kanály) v membráně a větší částice jsou pohlcovány fagocytózou. Při tomto procesu se část povrchové membrány buňky vchlípí a okraje vklesnutí uzavřou fagocytovanou částici do váčku uloženého v cytoplazmě buňky.

Cytoplazmatická membrána může být tvarově uzpůsobená pro plnění různých funkcí. Pro zvětšení plochy vstřebávání vybíhá např. v drobné výchlipky, **mikroklky**, které zvětšují povrch buněk, např. buněk střevní sliznice. Zvětšují tak resorpční plochu střeva. **Řasinky** na povrchu buněk jsou opět výchlipky membrán umožňující svým pohybem posun hlenu například na povrchu sliznice dýchacích cest. Vzájemně pevné **spojení buněk** pomocí speciálních bílkovin cytoplazmatických membrán vytváří předpoklad pro vznik **buněčných souborů – tkání**, a zajišťuje jejich mechanickou odolnost. Některá mezibuněčná spojení jsou elektricky vodivá, jiná umožňují průchod i velkým molekulám. Tyto typy spojů mají význam pro látkovou výměnu a pro řízení organismu.

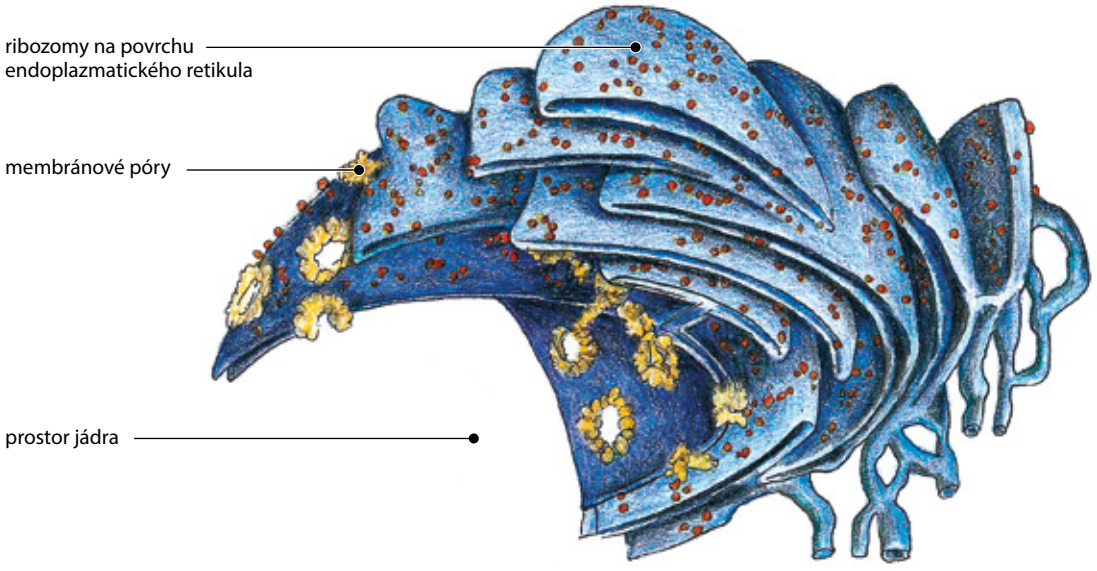
1.2.5 Endoplazmatické retikulum

Endoplazmatické retikulum prostupuje cytoplazmu jako síť navzájem propojených **kanálků a váčků**. Stěny retikula jsou tvořeny biomembránami. Uspořádání retikula je velmi proměnlivé a v každém okamžiku odpovídá aktuální funkci buňky. V obraze elektronového mikroskopu rozlišujeme drsné a hladké retikulum.

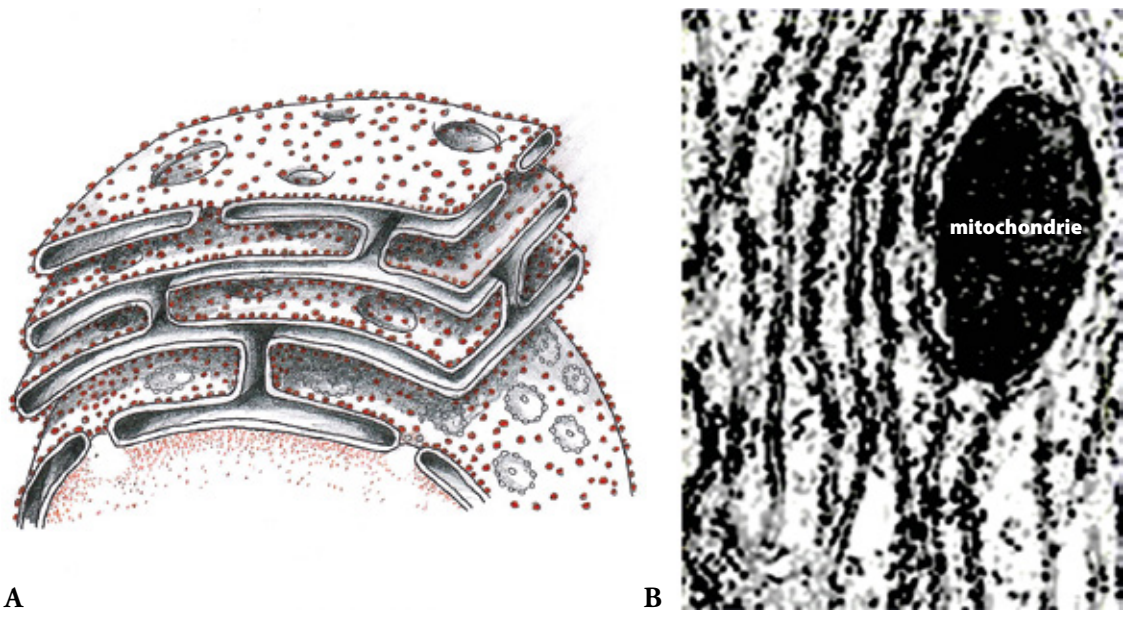
Drsné endoplazmatické retikulum tvoří kanálky, na jejichž vnějším povrchu jsou vázány ribozomy



Obr. 1.6 *Biomembrána*



Obr. 1.7 *Ribozomy*



Obr. 1.8 *Endoplazmatické retikulum: A – rekonstrukce endoplazmatického retikula s ribozomy (červené hrudky), B – obraz retikula v elektronovém mikroskopu*

(obr. 1.7 a 1.8). Na ribozomech vznikají bílkoviny, které jsou retikulem dopravovány do Golgiho komplexu, kde „dozrávají".

Hladké endoplazmatické retikulum má vztah k tvorbě cukrů a tuků v buňce. Endoplazmatické retikulum zajišťuje v buňce **transport látek**.

1.2.6 Golgiho komplex

Golgiho komplex tvoří shluk většinou plochých váčků propojených kanálky a vlákny. Stavba Golgiho komplexu je v principu stejná jako stavba endoplazmatického retikula, ale nikdy neobsahuje ribozomy.

Mezi endoplazmatickým retikulem a Golgiho komplexem ovšem existuje funkční návaznost. V Golgiho komplexu se **dotvářejí bílkoviny** tvořené v drsném retikulu. Řetězce bílkovin se zde buď ještě dále spojují, nebo jsou naopak části řetězců odštěpovány. Na bílkovinné řetězce se zde navazují i nebílkovinné složky. Takto upravené (aktivované) produkty jsou v odlučovaných váčcích dopravovány mimo buňku jako buněčný sekret, nebo jsou spotřebovány v některé části buňky k její vlastní obnově.

1.2.7 Lyzozomy

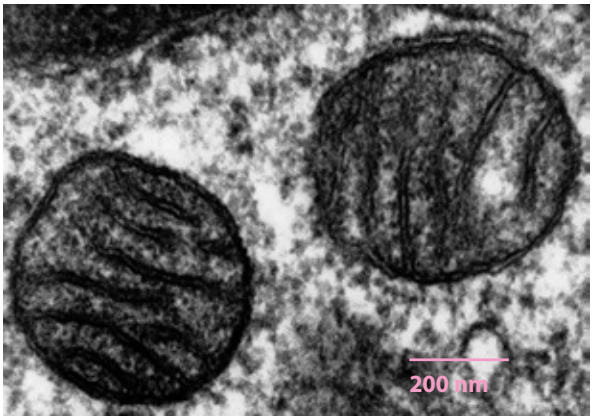
Lyzozomy jsou drobné váčky, jejichž stěnu tvoří biomembrány. Váčky obsahují enzymy, které **rozkládají biologický materiál**. Působnost enzymů je ale za fyziologických podmínek omezena pouze na vnitřní prostor lyzozomů. Lyzozomy jsou organely důležité pro **metabolismus** i **obranu buňky**. Cizorodý materiál pohlcený např. fagocytózou (prach, bakterie), je dopraven do lyzozomů, kde je pak buď rozložen, nebo deponován. Je-li stěna lyzozomů porušena, mohou enzymy rozložit i vlastní buňku.

1.2.8 Ribozomy

Ribozomy jsou hrudkovité částice složené ze dvou podjednotek. Jsou vázány na endoplazmatické retikulum nebo jsou volně rozptýleny v cytoplazmě. Ribozomy vznikají v jadérku a jsou tvořeny ribozomální RNA (rRNA) a bílkovinami. Ribozomy jsou místem **syntézy bílkovin** (viz „Tvorba bílkovin“).

1.2.9 Mitochondrie

Mitochondrie jsou viditelné ve světelném mikroskopu jako oválné až vláknité útvary v cytoplazmě. Jejich počet závisí na intenzitě látkové výměny buňky. Při studiu ve světelném mikroskopu je patrné, že stěnu mitochondrií tvoří dvě jednotkové membrány. Vnitřní membrána je vychlípena dovnitř mitochondrie a tvoří **neúplné přepážky** (obr. 1.9). Na vnitřní membráně jsou uchyceny enzymy pro oxidaci látek, důležité pro **uvolnění** a **uchování energie**. Mitochondrie obsahují **vlastní DNA** a **RNA** a mají



Obr. 1.9 *Mitochondrie (obraz v elektronovém mikroskopu)*

schopnost se reprodukovat. Předpokládá se, že se původně jednalo o samostatné organismy (bakterie), které se v průběhu vývoje specializovaly na soužití s buňkami a obohatily energetické zdroje buněk o možnost oxidace.

1.2.10 Centriol

Centriol je tvořen dvěma válcovitými útvary, z nichž každý se skládá z devíti trojic trubiček. Po obvodu centriolu mohou být i věnce hrudkovitého materiálu (obr. 1.10). Při nepřímém dělení se centriol nejprve zdvojí a navodí vznik **dělicího vřeténka**. Mikrotrubičky dělicího vřeténka svým stahem zajišťují rovnoměrné **rozdělení dceřiných chromozomů** do nových buněk (viz mitóza).

1.2.11 Cytoplazma a cytoskelet

V počátcích cytologie byla cytoplazma považována za bezstrukturní tekutou fázi, kterou je možné získat po odstranění všech organel z buňky. Rozvoj elektronové mikroskopie prokázal, že jde o prostorově uspořádanou **síť vláken** a **trubiček** (kostru buňky), která propojuje všechny buněčné organely včetně buněčné a jaderné membrány. V prostorách této sítě je tekutina s rozpuštěnými organickými i anorganickými látkami a volné enzymy (obr. 1.11). Cytoskelet se může velmi rychle přestavovat. Odpovídá především za **transport látek** v buňce a za její **tvar** i **pohyb**.

1.2.12 Buněčné jádro

Buněčné jádro (**nucleus**) je základní buněčná organela. V nedělící se buňce je jádro dobře pozorovatelné a ohraničené proti cytoplazmě jadernou membránou. V elektronovém mikroskopu je patrné, že jaderná membrána je dvojitá a je místy přerušovaná **otvory – póry**. Vnitřek jádra se ve světelném mikroskopu zdá být bez výraznější, pravidelné struktury. Na fixovaném a barveném preparátu obsahuje jádro dobře barvitelné hrudky, **chromatin**. Chromatin reprezentuje spiralizované **části chromozomů**. Stavbu chromozomů v jádře nedělící se buňky lze sledovat pouze v elektronovém mikroskopu (obr. 1.12).

Jádra buněk žen obsahují tzv. **sex chromatin** (X chromatin, Barrovo tělísko). Sex chromatin je tvořen spiralizovaným druhým X-chromozomem. Sex chromatin je např. vyšetřován u závodnic jako tzv. **sex test**. V medicíně slouží k orientačnímu určení pohlaví (viz dále).

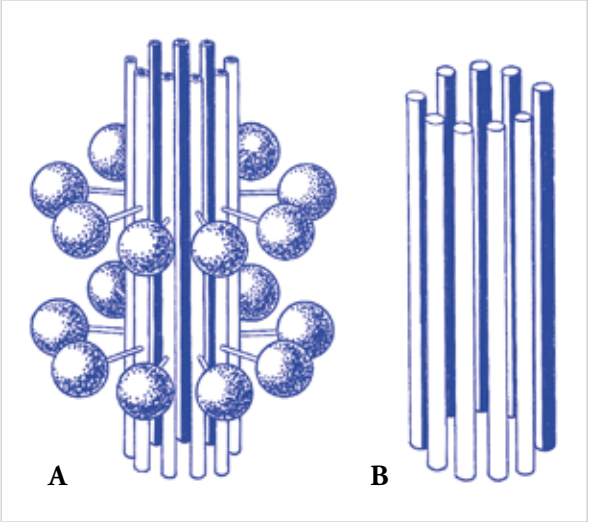
Některé buňky mají jader více. Tento stav může vzniknout splynutím dvou nebo více buněk, nebo rozdělením jádra bez rozdělení buňky. Zralé červené krvinky jádro nemají. Jde o buňky specializované na přenos kyslíku, které se dále nemohou dělit a mají proto omezenou dobu života.

1.2.13 Jadérko

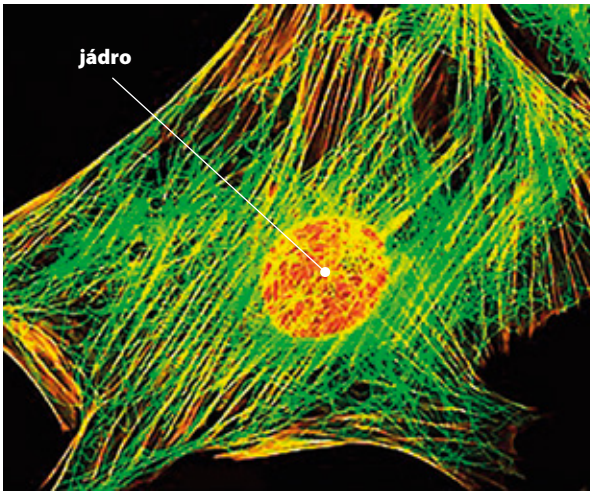
Jadérko (*nucleolus*) je kulovité tělísko v jádru buňky. Je proti prostoru jádra neohraničené. Počet jadérek v buňce závisí na intenzitě tvorby bílkovin v buňce. V jadérku se tvoří **ribozomální RNA** (rRNA) jako kopie úseků DNA, která je póry jaderné membrány dopravována do cytoplazmy, kde se z ní skládají ribozomy. V době buněčného dělení jadérko mizí a po dělení se opět vytváří z tzv. **jadérkového organizátoru**, který je uložen na chromozomech.

1.2.14 Chromozomy

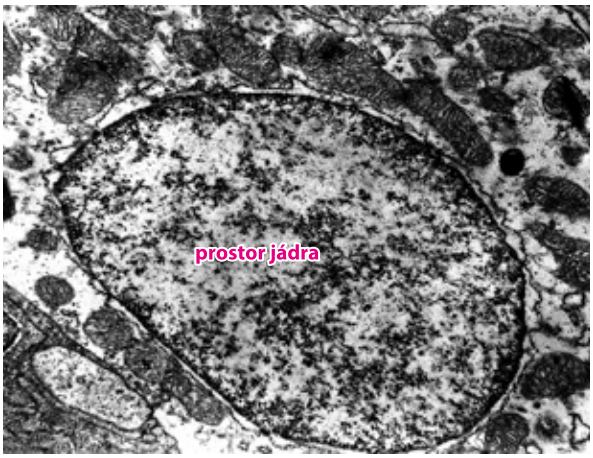
Chromozomy jsou pentlicovité útvary, které je možné pozorovat v dělící se buňce pouze po speciálním obarvení. Jsou tvořeny **molekulami DNA** a **bílkovinným obalem**. Počet chromozomů v jádře buňky je stálý a je typický pro každý živočišný druh. Člověk



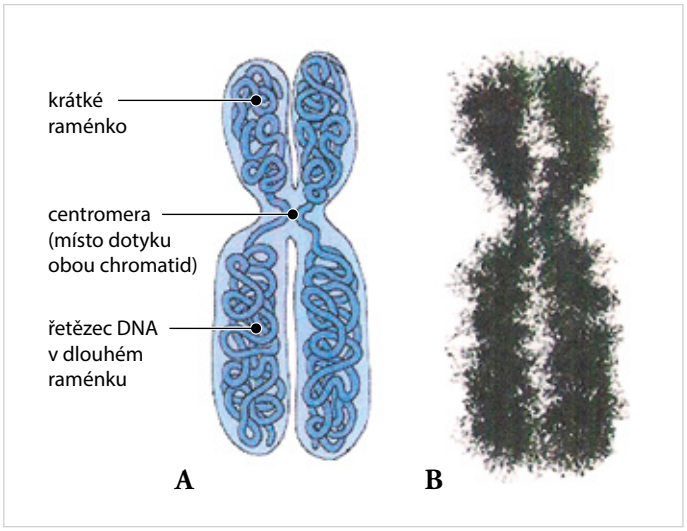
Obr. 1.10 *Stavba centriolu (schéma): A – mikrotrubice centriolu se satelity, B – mikrotrubice centriolu*



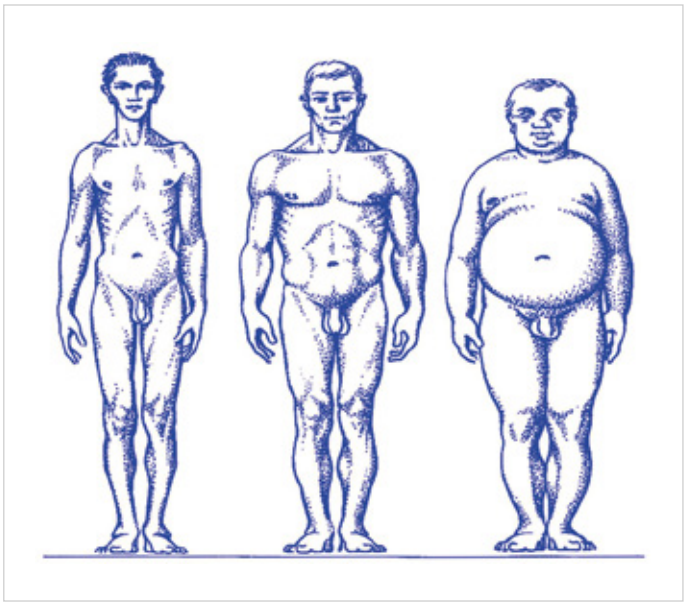
Obr. 1.11 *Cytoskelet buňky (elektronicky obarveno)*



Obr. 1.12 *Buněčné jádro (obraz v elektronovém mikroskopu)*



Obr. 1.13 *Stavba chromozomu: A – schéma chromozomu, B – kondenzovaná DNA před buněčným dělením umožňující remodelaci dlouhé molekuly DNA*



Obr. 1.14 *Somatotyp muže: A – astenický typ, B – atletický typ, C – pyknický typ*

Obr. 1.15 *Polydaktylie*

má ve všech tkáňových (tělových) buňkách 46 chromozomů. Pouze zralé pohlavní buňky mají poloviční počet (viz dále). Chromozomy jsou v jádře **přítomny trvale**.

V jádře nedělící se buňky je vlákno DNA, které tvoří základ chromozomu, despiralizováno a je viditelné pouze v elektronovém mikroskopu. Na jeho úsecích (genech, vlohách) se DNA přepisuje do mRNA (messenger – poslíček), která po úpravě putuje póry jaderné membrány do cytoplazmy. Obsahuje informaci o pořadí aminokyselin, tj. o složení bílkoviny, která má být buňkou vytvořena (viz kap. 1.4.3 *Tvorba bílkovin*).

Každý chromozom, který pozorujeme v mikroskopu na počátku buněčného dělení, se skládá ze dvou tzv. dceřiných chromozomů, spojených v místě zvaném **centromera** (obr. 1.13).

V tomto místě se rovněž při buněčném dělení upíná vlákno dělicího vřeténka. Centromera dělí chromozom na krátká a dlouhá raménka. Každý chromozom má tak nejen určitou celkovou délku, ale i poměr krátkých a dlouhých ramen a charakteristické zbarvení, tzv. **pruhování**. Pomocí tohoto pruhování lze přesně zjistit, o který chromozom jde a zda je nepoškozen.

Karyotyp je soubor všech chromozomů v jádře buňky. U člověka je 22 párů chromozomů číslovaných od jedné do dvaadvaceti a 23. pár označujeme písmeny X a Y a říkáme jim **pohlavní chromozomy**.

Ženské pohlaví je určeno kombinací pohlavních chromozomů **XX**, mužské pohlaví kombinací **XY**. Pro určení pohlaví je tedy rozhodující přítomnost chromozomu Y. V jádře nedělící se buňky je druhý X-chromozom spiralizován a vytváří X-chromatin. Změny v počtu nebo struktuře chromozomů (a tedy i v genetické výbavě jedince) vedou k poruchám tělesného a duševního vývoje (obr. 1.14 a 1.15). Analýza tvaru a stavby chromozomů patří proto k základním genetickým vyšetřením. Pro toto vyšetření jsou nejvhodnější bílé krvinky, které lze snadno získat odběrem krve. Pro prevenci narození dětí s chromozomálními odchylkami má zásadní význam možnost chromozomálního vyšetření plodu a placenty v průběhu těhotenství.

Slovník

aminokyseliny – organické kyseliny, které mají v molekule dusíkatou skupinu NH_2; základní stavební jednotky bílkovin

DNA (kyselina deoxyribonukleová) – látka schopná autoreprodukce, nesoucí dědičné vlohy (informace), obsažené v jádře buněk

centriola (lat. *centrum* – střed) – buněčná organela navozující vznik dělicího aparátu buňky

chromatin (ř. *chroma* – barva) – nápadně se barvící hrudky uvnitř jádra; spiralizované části chromozomů (DNA)

chromozomy (ř. *chroma* – barva, ř. *soma* – tělo) – vláknité útvary v jádře buňky složené z DNA a bílkovin; nositelé dědičných informací

karyotyp (ř. *karyon* – jádro, ř. *typos* – znak) – soubor chromozomů buňky (nebo organismu)

lyzozom (ř. *lyó* – štěpení, ř. *soma* – tělo) – buněčná organela; váček vyplněný enzymy

mitochondrie (ř. *mitos* – vlákno, ř. *chondros* – zrno) – tyčinkovité nebo vláknité buněčné organely zajišťující buněčné dýchání (oxidaci)

1.3 BUNĚČNÉ DĚLENÍ A DIFERENCIACE

Shrnutí základních znalostí

1. **Buněčný cyklus** se skládá z období metabolické aktivity a období buněčného dělení.
2. **Mitóza** je nepřímé dělení buněk, zajišťující **shodnou chromozomální výbavu** dceřiných buněk. Je typická pro tělové buňky.
3. **Meióza** je redukční dělení, při kterém se **snižuje počet chromozomů** ve zralých pohlavních buňkách na polovinu (u člověka 23), a zajišťuje volnou kombinovatelnost chromozomů i dědičných vloh (vývoj).
4. **Diferenciace buněk** je podmíněna aktivací nebo tlumením určitých dědičných vloh. Diferenciace je podmínkou vzniku **tkání**, **růstu** a **hojení**.

Životní cyklus buňky se skládá z období **metabolické aktivity** a období **buněčného dělení**. Většina buněk lidského těla se dělí po celý život. Některé vysoce specializované buňky – červené krvinky a nervové buňky – tuto schopnost ztrácejí. Tyto buňky pak mají omezenou dobu existence, i když v případě některých nervových buněk je tato doba stejná, jako je doba života člověka.

Období mezi dvěma buněčnými děleními může trvat několik hodin i několik let. V tomto různě dlouhém období buňka tvoří RNA, bílkoviny a vykazuje různě intenzivní látkovou výměnu. Plní tak svoji funkci jako součásti tkání i částí organismu.

Za vhodných metabolických podmínek – na popud, jehož podstata není zcela objasněná, buňka zahajuje dělení. Pro jeho přípravu je nezbytné zejména **zdvojení RNA** v jádře a vytvoření přesných **kopií molekul DNA** (chromozomů). Současně se zvětší objem cytoplazmy a počet organel. Vlastní buněčné dělení může v lidském organismu probíhat buď jako mitóza, nebo meióza.

Pro buňky lidského těla a rozmnožování některých nižších organismů je typické **nepřímé dělení – mitóza**.

Mitóza zajišťuje vznik dvou dceřiných buněk se stejnou chromozomální a tedy i genetickou výbavou (informací). Takto – nepohlavním množením vzniklé buňky, mají stejný soubor genů jako výchozí mateřská buňka. Buněčné potomstvo je proto stejné – uniformní, což je výhodné např. pro obnovu tkáně, která musí bez přerušení plnit určitou, specifickou funkci. Z vývojového hlediska je progresivnějším typem dělení tzv. redukční dělení.

Meióza – redukční dělení je dělení, kterým vznikají zralé pohlavní buňky. Má-li být po oplození (splynutí dvou pohlavních buněk) zachován obvyklý počet chromozomů (u člověka 46), musí být jejich počet nejprve v průběhu zrání pohlavních buněk redukován na polovinu. Meióza je nejen základem pohlavního rozmnožování, ale její mechanismus zajišťuje i genetickou variabilitu (proměnlivost) potomstva, která je podmínkou vývoje.

1.3.1 Nepřímé dělení – mitóza

V **první fázi mitózy** se chromozomy v jádře buňky zkracují (spiralizují). V optickém mikroskopu je patrné seskupování hrudek chromatinu do vláknitých útvarů. Na konci první fáze se rozpadá jaderná membrána a mizí jadérko. Centriola se zdvojí a dvojice dělicích tělísek putují k opačným pólům buňky. Vytváří se i **dělicí vřeténko**. Buňka se zakulacuje.

V **druhé fázi** se chromozomy napojují na mikrotrubičky dělicího vřeténka a seskupují se v rovníkové rovině buňky. Chromozomy se **podélně štěpí**, ale dva vznikající dceřiné chromozomy zůstávají spojeny v místě centromery.

V **třetí fázi** jsou rozdělené chromozomy přitahovány smršťováním mikrotrubiček dělicího vřeténka k pólům buňky. **Putují** k protilehlým pólům buňky.

Čtvrtá fáze má opačný průběh než fáze první. Chromozomy seskupené na pólech buňky se prodlužují (despiralizují), vytváří se jaderná membrána a jadérko. Dělicí vřeténko mizí. Buňka se zaškrcuje až se rozdělí na dvě dceřiné buňky. **Organely** se do nových buněk rozdělují **náhodně**. Obnovuje se struktura buňky i její charakteristický tvar a funkce.

Průběh mitózy je plynulý a uvedené rozdělení slouží pouze k lepšímu pochopení a k orientaci v celém procesu dělení.

Látky, které blokují buněčné dělení, označujeme jako **cytostatika**. V medicíně se užívají k zástavě nekoordinovaného buněčného dělení – k léčení nádorových onemocnění. Cytostatika poškozují i zdravé buňky!

1.3.2 Redukční dělení – meióza

Každý chromozom je v jádře buňky zastoupen párově (46 chromozomů – 23 párů chromozomů). Při vzniku zralého vajíčka nebo spermie dochází k redukci počtu chromozomů na polovinu, tj. na 23. Z každého páru chromozomů je ve zralé pohlavní buňce zastoupen vždy pouze jeden chromozom. Při oplodnění (spojení dvou pohlavních buněk) se párové zastoupení chromozomů opět obnovuje. Redukci počtu chromozomů zajišťuje redukční dělení – meióza.

Meióza se skládá ze **dvou následných buněčných dělení**, mezi nimiž nedochází ke zdvojení DNA v jádře.

První dělení (meióza I) se od mitózy liší komplikovanějším průběhem první fáze, druhé redukční dělení (meióza II) má průběh shodný s mitózou.

V **první fázi meiózy I** dochází ke vzájemnému přiložení shodných úseků chromozomů jednoho páru a ke zdvojení každého z členů páru. Takto vzniklé útvary se tedy skládají ze čtyř dceřiných chromozomů. Přiložené úseky se přitom překříží a dochází k výměně části chromozomů (částí DNA) – **genů**. Tento mechanismus je důležitým **zdrojem proměnlivosti** potomstva. Fáze končí rozpadem jaderné membrány a jadérka a vytvořením dělicího vřeténka.

Ve **druhé fázi** se chromozomy řadí v rovníkové rovině.

Ve **třetí fázi** putují k pólům buňky chromozomy z jednotlivých párů nezávisle na sobě. Tato nezávislá kombinovatelnost chromozomů spolu s výměnami jejich částí v první fázi je příčinou **kombinovatelnosti vloh**, tak jak ji zachytil ve svých pravidlech dědičnosti již **G. J. Mendel** (1822–1884).

Čtvrtá fáze meiózy I je shodná s mitózou a může bez klidové fáze přecházet přímo do první fáze meiózy II.

Průběh **meiózy II** je shodný s mitózou. Výsledkem tohoto dělení je 23 chromozomů v jádře zralé pohlavní buňky.

Redukční dělení vajíček je zahájeno před narozením ženy a dokončeno v průběhu některého menstruačního cyklu za 13–50 let. S věkem ženy, zejména po 35. roce věku, stoupá riziko poruchy dělicího vřeténka s následnou změnou v počtu chromozomů ve vajíčku. Proto se u matek starších 35 let provádí chromozomální vyšetření plodu.

1.3.3 Diferenciace

Z oplodněného vajíčka vznikají všechny buňky organismu, které se mnohdy zásadně liší tvarem i funkcí. Tomuto rozlišení (specializaci) původně „univerzální" oplozené buňky, říkáme **diferenciace**. Podstatou diferenciace je tlumení aktivity nebo naopak aktivace různých dědičných vloh buňky. Buňky se pak liší tvorbou různých typů bílkovin, které rozhodují o jejich stavbě i o jejich funkci. Diferenciace je **děj většinou nevratný** a plně se uplatňuje při vývoji zárodku. U některých typů buněk je diferenciace možná po celý život. Jde především o buňky důležité pro **obranu a obnovu organismu**. Například diferenciace bílých krvinek je důležitá pro tvorbu protilátek, diferenciace buněk pojiva pro hojení a obnovu tkání (regeneraci). Využití a podpora těchto procesů je proto součástí mnoha léčebných postupů v medicíně.

Projevy diferenciace zárodku a jejich posloupnost studuje embryologie. Spolu s dalšími obory také objasňuje příčiny poruch diferenciace (některé typy vrozených vad) a hledá cesty jak jim zabránit.

Slovník

cytostatika (ř. *kytos* – buňka, ř. *statikos* – stavící) – látka zastavující buněčné dělení; léky omezující růst nádorových buněk

diferenciace (lat. *differentis* – rozdíl) – tvarové a funkční rozlišení (rozrůznění)

meióza (ř. *meiosis* – zmenšení) – redukční dělení, dělení pohlavních buněk, při kterém se redukuje počet chromozomů na polovinu (na jednu sadu)

mitóza (ř. *mitos* – vlákno) – nepřímé dělení buněk charakterizované vytvořením dělicího tělíska a zajišťující stejnou genetickou výbavu dceřiných buněk

regenerace (lat. *regeneratio* – obnova) – nahrazení ztracené nebo poškozené tkáně rovnocennou tkání

1.4 LÉKAŘSKÁ GENETIKA

Shrnutí základních znalostí

1. **Gen je základní jednotkou dědičnosti.** Gen je úsekem molekuly DNA; částí chromozomu.
2. **Genotyp** je **soubor genů** jednoho organismu.
3. **Fenotyp** je **soubor morfologických a funkčních znaků** organismu.
4. **Základní pravidla dědičnosti**: pravidlo o uniformitě hybridů, pravidlo o štěpení a nezávislé kombinovatelnosti vloh.
5. **Alely genu** (formy genu) mohou být dominantní a recesivní. Dominantní alela potlačuje projev recesivní alely.
6. **Pohlavně vázaná dědičnost** je závislá na genech uložených v pohlavních chromozomech.
7. **Dědičné dispozice** jsou podmíněny účinkem mnoha genů. Tuto dědičnost označujeme jako polygenní.
8. **Mutace** jsou dědičné změny genů. Vlivy, které je vyvolávají, označujeme mutageny. Většina mutací je škodlivá.
9. **Tvorba bílkovin** je zajištěna přepisem návodu na jejich tvorbu z DNA do mRNA. Ze zápisu mRNA je „převáděna" do struktury bílkovin vznikajících na ribozomech.
10. **Lékařská genetika** je věda, která se zabývá studiem, prevencí a léčením dědičných chorob a vrozených vad člověka.

1.4.1 Základní genetické pojmy

Potomci všech živých organismů se podobají svým rodičům. Tuto základní vlastnost všeho živého označujeme pojmem **dědičnost** (heredita). Podobnost potomků s rodiči není nikdy úplná. Mohou se lišit v anatomických i funkčních znacích. Tuto vlastnost považujeme za **proměnlivost** (variabilitu). Dědičnost a proměnlivost jsou dvě neoddělitelné vlastnosti téhož jevu a studuje je věda o dědičnosti – **genetika**. Zakladatelem genetiky byl **G. J. Mendel** (1822–1884) opat kláštera v Brně, který první popsal zákonitosti přenosu dědičných vloh.

Základní jednotkou dědičnosti je **dědičná vloha, gen**. Geny jsou uloženy v jádrech buněk. Gen je vlastně část molekuly DNA, určitý úsek chromozomu. Genetická informace je „zapsána" (kódována) pořadím stavebních kamenů DNA (nukleotidů). Gen určuje **způsob řazení aminokyselin** v bílkovině, a tím určuje i její fyzikální a chemické vlastnosti. Bílkoviny jsou základními součástmi každé buněčné struktury a jako transportní bílkoviny nebo enzymy ovlivňují výměnu a přeměnu látek a energií v organismu.

Soubor genů buňky (organismu) označujeme názvem **genotyp**. Genotyp nejmenších virů obsahuje několik genů, v genotypu vyšších organismů jsou jich statisíce (u člověka asi 22–25 tisíc).

Soubor vnějších znaků (tvar, stavba, funkce) označujeme názvem **fenotyp**. Fenotyp je ovlivňován působením jak genů, tak i vlivy prostředí. Např. malý vzrůst těla může být podmíněn dědičně nebo způsoben nedostatkem potravy. Oba vlivy se mohou uplatnit současně nebo se mohou různě kombinovat.

Chromozomy vyšších organismů jsou zastoupeny v jádře párově. Proto je i každý znak kódován párem genů. Jedince, kteří mají na obou chromozomech stejné geny (alely) označujeme jako **homozygotní** (homozygoty). Příkladem jsou osoby krevní skupiny 0 (geny 0, 0). Mají-li pro určitý znak různé geny, jde o osoby **heterozygotní** (heterozygoty). Příkladem jsou osoby krevní skupiny AB (geny A, B).

Pro jednoduchost začneme další výklad Mendlovými pokusy. Mendel křížil hrachory s různou barvou květů. Výchozí rodičovské rostliny byly homozygotní červenokvěté a bělokvěté. Křížením červenokvětých a bělokvětých rostlin získal rostliny červenokvěté. Vloha pro červenou barvu tedy ve fenotypu převládla. Všechny rostliny měly stejnou barvu květu. Tento poznatek je dnes formulován jako pravidlo o **uniformitě kříženců** (hybridů) a má obecnou platnost. Vlohu, která převládla, považujeme za **dominantní**. Vlohu, jejíž fenotypový projev byl potlačen, označujeme jako **recesivní**. V příkladu krevních skupin jsou geny A a B dominantní, gen 0 recesivní. Osoby krevní skupiny A proto mohou mít geny A, A (homozygoti) i A, 0 (heterozygoti). Osoby krevní skupiny B mohou mít geny B, B i B, 0.

Při dalším křížení hybridů první generace mezi sebou, získal Mendel potomstvo červenokvěté i bělokvěté.

Recesivní vlohy hybridů byly sice potlačeny, ale zůstaly nezměněné v genotypu a přenášely se na potomstvo. Poměr červenokvětých a bělokvětých potomků byl 3 : 1 (3/4 : 3/4). Bělokvěté rostliny byly homozygoti, jejich křížením bylo možné získat jen bělokvěté potomstvo. Recesivně dědičný znak se může ve fenotypu projevit jen u homozygotů. Z červenokvětých potomků (3/4) byla 1/4 homozygotní, a 2/4 heterozygotní. Dominantní gen se v genetických schématech označuje velkým písmenem; recesivní gen stejným malým písmenem.

Poznatky z pokusu s křížením hybridů první generace jsou formulovány jako pravidlo o **štěpení** (3 : 1) a pravidlo o **čistotě** a **volné kombinovatelnosti vloh**. (Vlohy v genotypu zůstávají nezměněny a mohou se volně kombinovat.) Volná kombinovatelnost vloh je podmíněna nezávislým rozchodem chromozomů do dceřiných pohlavních buněk při meióze. Náhodnost vzniku určitého genotypu si můžeme ukázat na určení **chromozomálního pohlaví u plodu**.

Ženy mají v karyotypu dva chromozomy X (homozygoti), muži chromozomy X a Y (heterozygoti). Proto všechna vajíčka obsahují chromozom X, polovina spermií chromozom X a polovina Y. O pohlaví dítěte rozhoduje, která z milionů spermií oplodní vajíčko, zda s chromozomem X – zárodek je pak ženského pohlaví, nebo Y – zárodek je mužského pohlaví. Poměr pohlaví novorozenců v populaci je přibližně 106♂ : 100♀. V rodině se tak může narodit více chlapců nebo děvčat po sobě. Účast spermie s X nebo Y-chromozomem na oplodnění je náhodná a není ovlivněna výsledkem předchozího těhotenství. Štěpné poměry mají povahu náhodných jevů a platí pro ně počet pravděpodobnosti.

V současné době je u člověka známo více než 2000 znaků (především chorob a vrozených vad) dominantně dědičných a téměř stejné množství recesivně dědičných. Pro jejich genetický přenos platí rovněž Mendlova pravidla.

Z obrazu karyotypu je patrné, že X-chromozom je podstatně delší než chromozom Y. Proto chromozom X obsahuje více DNA – více genů. Pouze na chromozomu X jsou např. geny pro tvorbu sítnicových pigmentů (barvoslepost), pro tvorbu VIII. a IX. faktoru krevních destiček, jejichž nedostatek způsobuje těžkou poruchu krevní srážlivosti – hemofilii. Hemofilií jsou proto postiženi prakticky jen muži. Chybná recesivní vloha na jediném X-chromozomu u mužů se projeví již v této jediné dávce – nemůže být „kompenzována" genem druhého X-chromozomu.

Žena s touto recesivní vlohou je heterozygot s normální krevní srážlivostí – je ale přenašečkou vlohy. Polovina jejích synů bude mít hemofilii, polovina dcer budou opět přenašečky. Muž s hemofilií bude mít zdravé potomstvo, ale všechny jeho dcery budou přenašečky. Dědičnost na X-chromozomu je označována jako **pohlavně vázaná**, protože se dědí v závislosti na pohlaví.

Četné znaky při křížení nevykazují štěpné poměry a přesto podobnost mezi rodiči a dětmi je výrazná (výška postavy, hmotnost, inteligence, krevní tlak). Jsou podmíněny účinkem mnoha genů a jejich dědičnost je označována jako **polygenní** (ř. *poly* – mnoho). Dědičnost u polygenně dědičných znaků určuje pouze dispozici ke vzniku znaku, která je výrazně dotvářena vlivy prostředí. Poznatky o dědičných dispozicích mají velký praktický význam. Většina užitkových vlastností rostlin a zvířat se dědí polygenně. Polygenně dědičné dispozice u člověka podmiňují talent pro sport, nebo určitý typ studia. Určují typ tělesné stavby, ale i dispozice ke vzniku určitých chorob, například cukrovce, alergii, poruchám vývoje kyčelního kloubu a pro některé typy vrozených srdečních vad. Genetické poznatky umožňují příznivé dispozice rozvíjet a nepříznivé dispozice potlačovat.

Prostředí neovlivňuje jen projev genů ve fenotypu, ale může měnit i geny samé. Změny genů považujeme za **mutace** a vlivy, které je vyvolávají, označujeme jako **mutageny**. Mutagenní vlivy má ionizující záření, rentgenové záření, některé chemické látky a viry. Genotyp obsahuje většinu genů prověřených dlouhým přirozeným výběrem. Většina mutací je proto nepříznivých. Mohou způsobit vznik chorob, vrozených vad i nádorů. Pokud mutace postihují pohlavní buňky, přenášejí se (dědí) do dalších generací. Proto je třeba se před mutageny chránit.

Malá část mutací je výhodná a uplatňuje se při **vývoji druhů**. Ve šlechtitelství se např. záření využívá k získání výhodných genů zvyšujících plodnost nebo odolnost rostlin.

1.4.2 Lékařská genetika

Genetika člověka musí k získání poznatků o dědičnosti člověka využívat některé zvláštní postupy, protože ke zkoumání dědičnosti není možné lidi záměrně křížit jako u jiných druhů živočichů. Výzkum dále stěžuje malý počet potomků v rodinách, a v průměru 25 let do narození další generace. Genetika člověka se proto často opírá o studium **rodokmenů**.

Z výskytu sledovaného znaku u členů rodiny je možné usuzovat na způsob dědičnosti. K poznání dědičnosti významně přispívá i **vyšetření chromozomů** a **DNA**.

Lékařská genetika především studuje dědičnost chorob a vrozených vad. Vypracovává postupy zábrany početí a narození postižených jedinců a projevů nežádoucích dispozic. K preventivním opatřením patří konzultace volby partnera, chromozomální nebo jiné vyšetření plodu s možností přerušit těhotenství při průkazu těžkého postižení plodu, vyhledávání a vyšetření osob a rodin s rizikem dědičných chorob a ochrana před mutageny. Hlavním cílem lékařské genetiky je pomoc v odpovědném plnění rodičovských povinností a v realizaci práva na narození zdravého dítěte. Tento cíl je vyšší, než si kladla eugenika, která usilovala o zušlechtění lidského rodu nepřijatelným ovlivněním plodnosti v rodinách.

1.4.3 Tvorba bílkovin

Bílkoviny patří mezi nejdůležitější **stavební** a **výkonné molekuly** v buňce. Pro pochopení řízení všech procesů v buňce mají proto poznatky o jejich tvorbě zásadní význam, neboť bílkoviny zajišťují syntézu nukleových kyselin, svou vlastní tvorbu, metabolismus cukrů a tuků a regulují činnost celého organismu.

Genetický program, uložený v jádře buňky, se realizuje prostřednictvím bílkovin.

DNA → RNA = bílkovina

Složení bílkovin, které je buňka schopna tvořit, je zapsáno genetickým kódem v DNA jádra buňky. Na podnět z prostředí nebo z cytoplazmy, přepíší enzymy zápis genu (DNA) do kódu molekuly **informační RNA** (označované také messenger RNA, mRNA, angl. *messenger* – poslíček). Messenger RNA prochází póry jaderné membrány do cytoplazmy. Po úpravě se napojuje na ribozomy a postupně prochází mezi jejich podjednotkami. Stavební prvky bílkovin – aminokyseliny, jsou na ribozomy dopravovány **transportní RNA** (tRNA). Na ribozomech jsou aminokyseliny spojovány do řetězce bílkoviny v pořadí, které určuje kód mRNA. Ještě nehotová bílkovina je pak dopravena kanálky endoplazmatického retikula do Golgiho komplexu. Zde je dotvořena v **aktivní bílkovinu** spojením více řetězců aminokyselin nebo naopak odštěpením částí řetězců.

Bílkoviny mohou vznikat jen za určitých podmínek. Pro tvorbu bílkoviny jsou nezbytné početné enzymy, stavební látky pro tvorbu nukleových kyselin (nukleotidy) a bílkovin (aminokyseliny). Pro syntézu je nezbytné i značné množství energie, kterou buňka získává oxidačními procesy v mitochondriích. Nezbytné je i vhodné prostředí v cytoplazmě – např. její iontové složení.

Čas potřebný pro tvorbu bílkoviny je závislý na typu bílkoviny – od několika minut po několik hodin. Tvorba bílkoviny ustává po odeznění podnětu, zastavením přepisu genu do mRNA a „opotřebením" již vytvořené mRNA. Tvorbu bílkoviny může zastavit i nedostatek stavebních látek, energie nebo porucha bílkovinotvorného aparátu. Do tvorby bílkovin zasahují i některá antibiotika a potlačují tak např. množení bakterií.

1.4.4 Vrozené vady

Závažným zdravotnickým i společenským problémem jsou vrozené vady, které podmiňují 25 % novorozenecké úmrtnosti a jsou zátěží pro rodinu i společnost. Se závažnými vrozenými vadami se rodí 2 % novorozenců a asi 5 % se narodí s lehkými vadami.

Příčinami vrozených vad jsou buď chromozomální (genové) odchylky (např. Downova choroba způsobená nadpočetným 21. chromozomem), nebo různé fyzikální a chemické vlivy narušující vývoj zárodku a plodu. Většina genetických vad je polygenně dědičných (srdeční vady, rozštěpy rtu a patra atd.). Z vlivů zevního prostředí (mutageny) způsobuje vznik vrozených vad nejčastěji alkohol, zarděnky, ionizující záření, některé typy léků a řada faktorů narušeného zevního prostředí.

Prevence vrozených vad vychází ze znalosti jejich příčin. Základem je obvykle genetické vyšetření. Prevence spočívá v odstranění mutagenních nebo jinak pro zárodek a plod škodlivých vlivů a cílené využití diagnostických možností u plodu (chromozomální vyšetření, ultrazvuk atd.). Rozšiřuje se i vyšetření přítomnosti nežádoucích genů u plodu. V případě průkazu postižení plodu je možné těhotenství přerušit nebo se pokusit (v některých případech) o léčení plodu (např. metodami fetochirurgie).

Slovník

dominantní (lat. *dominans* – převládající) – dominantní je označení pro dědičnou vlohu, která svým projevem převládne nad jinou (recesivní); přeneseně i znak, který převládne ve fenotypu

eugenika (ř. *eugenia* – urozenost) – nauka usilující o zlepšení dědičných vlastností lidstva

fenotyp (ř. *faino* – vyjevuji, ř. *typos* – znak) – soubor znaků organismu (anatomických i funkčních)

gen (ř. *genos* – rod) – dědičná vloha, jednotka dědičnosti; může mít různé formy – alely, a je umístěn na určitém místě chromozomu

genotyp (ř. *genos* – rod, ř. *typos* – znak) – soubor genů organismu, ale i genů pro určitou vlastnost; znak

heredita (lat. *hereditas* – dědičnost) – dědičnost, přenášení genů z rodičů na potomky

heterozygot (ř. *heteros* – jiný, ř. *zygota* – oplozené vajíčko) – jedinec, který má pro určitý znak nestejné geny

homozygot (ř. *homos* – stejný, ř. *zygota* – oplozené vajíčko) – jedinec se stejnými geny (alelami) pro určitý znak

hybrid (ř. *hybris* – vybočení) – kříženec, potomek rodičů s různým vyjádřením znaku, s různým fenotypem

mutace (lat. *mutatio* – změna) – změna genetické informace, změna určité formy genu v jinou

recesivní (lat. *recesivus* – sahající zpět) – vloha, jejíž projev je jinou (dominantní) vlohou potlačen; přeneseně znak, který se projeví jen u homozygota

2 Funkční anatomie tkání

Tkáně – vznik, definice, typy
Epitely
Pojivové tkáně
Svalová tkáň
Nervová tkáň
Regenerace tkání
Vnější a vnitřní prostředí organismu
Dětské tkáně

Shrnutí základních znalostí

1. **Tkáň je soubor buněk** přibližně stejného tvaru a jedné hlavní funkce.
2. Tkáně jsou **výsledkem specializace buněk**.
3. Rozlišujeme **pět typů tkání**: epitelovou, pojivovou, svalovou, nervovou tkáň a tekutou tkáň – krev.
4. **Orgán je soubor tkání.**
5. **Stavební hierarchie organismu:** buňka → tkáň → orgán → orgánový systém → organismus.

2.1 TKÁŇ A ORGÁN

Tkáně jsou soubory buněk, které mají podobný **tvar** a jednu hlavní **funkci**. Vývoj tkání je nerozlučně spojen s vývojem mnohobuněčných organismů.

Nejjednodušší organismy – např. jednobuněčné řasy, houby, prvoci, mají v jediné buňce soustředěny všechny životní funkce. Jejich rozmnožování je totožné s dělením celé buňky a žádné tkáně zde neexistují.

Jednobuněčné organismy jsou považovány za vývojově nejstarší organismy. Vyvinuly se z velmi primitivních živých soustav, tzv. **eobiontů**. Dnešní jednobuněčné organismy jsou přes svoji zdánlivou stavební a funkční jednoduchost pouze jakýmsi vzdáleným obrazem vývojově původních a zřejmě ještě mnohem jednodušších jednobuněčných organismů. I jednobuněční prodělali a prodělávají svůj vývoj. Tento vývoj šel dvěma základními směry – vývojem na úrovni jednobuněčných a vývojem k mnohobuněčným organismům.

Z jednobuněčných dosáhli největší složitosti nálevníci. Jejich další vývoj byl zřejmě omezen dosaženými rozměry buněčného těla. V podmínkách pohyblivého jednobuněčného organismu nelze totiž na větší vzdálenost zajistit koordinaci již poměrně složitých funkcí, které jsou nezbytné k přežití v proměnlivém a často i ve velmi agresivním prostředí.

Nevýhody jednobuněčného těla byly v průběhu vývoje řešeny **sdružováním** do kolonií. Šlo nejspíše o kolonie prvoků podobných dnešním bičíkovcům. Jedinci některých kolonií mohou žít zpočátku i samostatně, ale s pokračující dělbou funkcí mezi skupinami buněk jedné kolonie se některé buňky natolik specializovaly, že jejich samostatná existence mimo rámec kolonie nebyla již dále možná. Vznik těchto **specializovaných okrsků** představuje základ budoucích tkání.

Tkáně mnohobuněčných organismů jsou výsledkem postupného rozlišování – **specializace buněk**. Výchozí a základní tkání ve vývoji mnohobuněčných živočichů jsou **epitely**. Epitely jsou tkáně převážně plošného charakteru s buňkami, které jsou těsně přiloženy k sobě. Mezi buňkami jsou jen nepatrné mezibuněčné prostory, a protože jednou z hlavních funkcí epitelu je zabraňovat nadměrným ztrátám tekutiny, jsou mezi buňkami vytvořené různé typy mezibuněčných spojů.

Mezi další typicky živočišné tkáně patří **pojivové tkáně** (vazivo, chrupavka, kost), jejichž rozvoj ve vývoji mnohobuněčných živočichů úzce souvisí s výstavbou pevné opory těla (kostry) a s vývojem pohybové soustavy.

Svalové tkáně zabezpečují u mnohobuněčných živočichů především **pohyb**. Měnit tvar smrštěním určitého okrsku cytoplazmy dovede většina buněk. I když je tato schopnost typická prakticky pro všechny buňky, vznikají v cytoplazmě některých prvoků speciální struktury (tzv. myofany), kterým odpovídají u vyšších živočichů myofibrily. **Myofibrily** jsou zvláštní smrštitelné, vláknité bílkoviny, které jsou uloženy buď v cytoplazmě svalových buněk (hladká svalovina) nebo v cytoplazmě svalových vláken u kosterní svaloviny.