

Miroslav Orel

Anatomie a fyziologie lidského těla

Pro humanitní obory



KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Orel, Miroslav, 1973-

Anatomie a fyziologie lidského těla : pro humanitní obory / Miroslav Orel. --

Vydání 1.. -- Praha : Grada, 2019. -- 1 online zdroj

České a anglické resumé

Obsahuje rejstřík

ISBN 978-80-271-1179-4 (online ; pdf)

* 611 * 612 * (075)

– anatomie člověka

– fyziologie člověka

– učebnice

61 - Lékařské vědy. Lékařství [14]

37.016 - Učební osnovy. Vyučovací předměty. Učebnice [22]

Miroslav Orel

Anatomie a fyziologie lidského těla

Pro humanitní obory

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**.*

MUDr. PhDr. Miroslav Orel, Ph.D.

ANATOMIE A FYZIOLOGIE LIDSKÉHO TĚLA

Pro humanitní obory

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, 170 00 Praha 7

tel.: +420 234 264 401

www.grada.cz

jako svou 7404. publikaci

Recenzovali:

prof. MUDr. Vladimír Holibka, DrSc.

(emeritní přednosta Ústavu normální anatomie LF UP v Olomouci)

doc. MUDr. Jiří Nečas, CSc.

(přednosta Ústavu fyziologie LF UP v Olomouci)

Ilustrace a schémata:

MUDr. PhDr. Miroslav Orel, Ph.D. (s použitím kresby Leonarda da Vinci)

Snímky z lékařských vyšetření a jejich popis:

MUDr. Zuzana Sedláčková, Ph.D. (Klinika radiologie FN Olomouc)

Foto:

Michal Priessnitz

model: Ivo Jambor, sólista baletu Moravského divadla v Olomouci a fitness trenér

Odpovědná redaktorka Dana Bendová

Sazba a zlom Milan Vokál

Návrh a zpracování obálky Antonín Plicka

Počet stran 448

Vydání 1., 2019

Vytiskla tiskárna PBtisk, s.r.o., Příbram

© Grada Publishing, a.s., 2019

ISBN 978-80-271-1180-0 (ePub)

ISBN 978-80-271-1179-4 (pdf)

ISBN 978-80-271-0531-1 (print)

Obsah

Krátké slovo na úvod	10
1. Význam a základní vymezení studia stavby a funkce lidského těla	12
1.1 Anatomie a fyziologie člověka v systému lékařských věd	13
1.1.1 Základní roviny a směry popisující lidské tělo	15
2. Úroveň buněk	21
2.1 Základní chemické a biochemické buněčné komponenty	21
2.1.1 Základní anorganické složky buněk	22
2.1.2 Základní organické složky buněk	23
2.2 Základní organely buněk	33
2.2.1 Plazmatická membrána	34
2.2.2 Buněčné jádro	40
2.2.3 Ribozomy	42
2.2.4 Mitochondrie	43
2.2.5 Endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát a lyzozomy	45
2.2.6 Cytoskelet	47
2.3 Vznik a zánik buněk	48
2.3.1 Mitóza a meióza	49
2.3.2 Diferenciace	52
2.3.3 Nekróza a apoptóza	53
2.3.4 Nádorové bujení – narušení regulace buněčného dělení	55
2.4 Uvedení do genetiky	56
3. Úroveň tkání	63
3.1 Epitelové tkáně	63
3.2 Pojivové tkáně	65
3.2.1 Vazivová tkáň	65
3.2.2 Chrupavčitá tkáň	67
3.2.3 Kostní tkáň	68
3.3 Svalové tkáně	69
3.3.1 Hladká svalovina	71
3.3.2 Příčně pruhovaná svalovina	71
3.3.3 Srdeční svalovina	72

3.4	Nervová tkáň	74
3.4.1	<i>Nervové buňky</i>	74
3.4.2	<i>Podpůrné buňky</i>	88
3.5	Krev	91
3.5.1	<i>Krevní plazma</i>	92
3.5.2	<i>Červené krvinky</i>	92
3.5.3	<i>Bílé krvinky</i>	99
3.5.4	<i>Krevní destičky</i>	103
3.5.5	<i>Zástava krvácení</i>	103
4.	Úroveň orgánových soustav	105
4.1	Kožní soustava	105
4.1.1	<i>Kůže</i>	106
4.1.2	<i>Kožní adnexa</i>	109
4.2	Kosterní soustava	118
4.2.1	<i>Obecná stavba kostí</i>	118
4.2.2	<i>Vývoj a změny kostí</i>	121
4.2.3	<i>Spojení kostí</i>	123
4.2.4	<i>Kostra hlavy</i>	125
4.2.5	<i>Kostra páteře</i>	131
4.2.6	<i>Kostra hrudníku</i>	137
4.2.7	<i>Kostra horních končetin</i>	139
4.2.8	<i>Kostra dolních končetin</i>	143
4.3	Svalová soustava	150
4.3.1	<i>Obecná stavba a činnost příčně pruhovaných svalů</i>	150
4.3.2	<i>Dělení příčně pruhovaných svalů</i>	156
4.3.3	<i>Svaly hlavy a krku</i>	157
4.3.4	<i>Svaly hrudníku a zad, břicha a pánve</i>	160
4.3.5	<i>Svaly horních končetin</i>	163
4.3.6	<i>Svaly dolních končetin</i>	167
4.4	Kardiovaskulární soustava	172
4.4.1	<i>Srdce</i>	172
4.4.2	<i>Krevní cévy</i>	186
4.4.3	<i>Lymfatické cévy</i>	193
4.5	Dýchací soustava	194
4.5.1	<i>Dýchací cesty</i>	195
4.5.2	<i>Plíce</i>	202
4.6	Vylučovací soustava	211
4.6.1	<i>Ledviny</i>	211
4.6.2	<i>Vývodné cesty močové</i>	220

4.7	Trávicí soustava	224
4.7.1	Trávicí trubice	228
4.7.2	Slinné žlázy	244
4.7.3	Játra	246
4.7.4	Slinivka břišní	251
4.8	Rozmnožovací soustava	254
4.8.1	Ženský pohlavní systém	256
4.8.2	Mužský pohlavní systém	265
4.8.3	Sexuální reaktivní cyklus	272
4.8.4	Početí – těhotenství – porod	276
4.9	Hormonální soustava	284
4.9.1	Základní charakteristika hormonů a hormonálního řízení	285
4.9.2	Hypotalamo-hypofyzární systém	289
4.9.3	Šišinka	297
4.9.4	Štítná žláza	298
4.9.5	Příštítná tělíska	300
4.9.6	Endokrinní část slinivky břišní	301
4.9.7	Nadledviny	303
4.9.8	Vaječníky a varlata	306
4.10	Imunitní soustava	308
4.10.1	Antigeny	310
4.10.2	Imunitní reakce	312
4.10.3	Lymfatické orgány	319
4.11	Nervová soustava	324
4.11.1	Centrální nervový systém	327
4.11.2	Periferní nervový systém	348
4.11.3	Autonomní nervový systém	353
4.12	Smyslová soustava	359
4.12.1	Obecné dělení receptorů	363
4.12.2	Zrak	365
4.12.3	Sluch	379
4.12.4	Vnímání rovnováhy, polohy a pohybu	385
4.12.5	Čich a chuť	387
4.12.6	Kožní čítí	391
4.12.7	Vnitřní čidla našeho těla	395
4.12.8	Poznámky k vnímání bolesti	398
5.	Úroveň organismu a člověka jako lidské bytosti	402
5.1	Metabolismus a stálost vnitřního prostředí	402

5.2	Biorytmy	410
5.2.1	<i>Bdění</i>	411
5.2.2	<i>Spánek</i>	412
5.3	Poznámky k tematice stresu	413
5.4	Smrt organismu	417
5.5	Celostní přístup a jeho souvislosti	418
5.6	Poznámka autora k evoluci živých soustav a člověka	424
Krátké slovo na závěr		426
Shrnutí		427
Summary		428
Seznam zkratk		429
Příloha		433
Rejstřík		435

*Budme ve shodě s tím jedinečným v nás
a budme přitom otevření –
protože zavřená dlaň, mysl ani duše nemůže dávat ani dostávat.*

*Tuto knihu věnuji všem studentkám a studentům.
A pokud platí, že se všichni stále a celý život učíme a nikdy se učit nepřestáváme,
pak opravuji: knihu věnuji všem.
Neboť (jak se praví v Bibli) rozumné srdce získává poznání,
ucho moudrých je vyhledává.
A bez poznání nemůže být nikdo dobrý.
(Příslloví, verše 18,15 a 19,2a)*

*Jsem vděčný mnohým a mnohému za mnohé...
Na tomto místě však chci poděkovat především čtyřem ženám,
které významně ovlivnily můj život a moji profesní dráhu:
Idě Orlové, která mne přivedla na svět a dala mi základ všeho,
paní učitelce Ludmile Zabloudilové, která mne v první třídě učila číst a psát,
paní docentce Aleně Merkunové, která mimo jiné přispěla k tomu, že jsem se stal
vysokoškolským učitelem,
a paní doktorce Věře Facové, která mi byla a je
skvělou profesní kolegyní a ryzí oporou –*

*S LÁSKOU A ÚCTOU VÁM DĚKUJI.
Miroslav Orel*

Krátké slovo na úvod

Záměrem této knihy je přinést stručné, přehledné a doufejme i čtivě podané **poznatky o stavbě a funkci lidského těla**. Kniha je primárně určena pro studenty psychologie, pedagogiky, sociální práce a dalších humanitních (nelékařských) oborů. Text nezabíhá do medicínských podrobností (které jsou pro studenty uvedených oborů zbytečně obsáhlé), ale přináší stručný souhrn dvou teoretických oborů medicíny – anatomie a fyziologie člověka. Vzhledem k záměru vytvořit **přehledné kompendium** může naše publikace oslovit i zájemce o studium nebo čtenáře z řad širší veřejnosti.

Je nepochybné, že i studenti a absolventi uvedených oborů mají mít alespoň základní přehled poznatků o stavbě a funkci lidského těla. Jejich získání považujeme za jednoznačně smysluplné a užitečné – je tak vhodné i zařazení základů anatomie a fyziologie člověka do pregraduálního studia. Ze zkušenosti však víme, že rozdíly v dosud získaných znalostech jsou mezi studenty značné – na jedné straně jsou studenti excelující díky maturitní zkoušce z biologie, na druhé straně ti, kteří biologii měli naposledy kdysi dávno na základní škole... Protože jsme připravili kompendium, může se první skupině zdát velmi stručné a druhé naopak obsáhlé.

Kniha je strukturovaná a pojímá **celé lidské tělo**. Přináší základní seznámení s oblastí buněčné biologie, informuje o typech tkání v našem těle. Nejobsáhlejší část je věnována jednotlivým orgánovým soustavám. Pro ozřejmění postavení anatomie a fyziologie člověka v systému věd je zahrnuto také základní členění medicínských oborů a ukázky vybraných vyšetření jednotlivých orgánů, které má současná medicína k dispozici.

Jedna ucelená kapitola je věnována základům **celostního (komplexního) přístupu**, který pojímá člověka jako bio-psycho-sociálně-spirituální komplex, existující v určitém prostoru a čase. Tím publikace vymezuje význam studia anatomie a fyziologie člověka pro nelékařské disciplíny a propojuje oblast tělesnou, psychickou, vztahovou a přesahovou.

Text publikace je doplněn četnými černobílými **obrázky, schématy a fotografiemi**, aby byla sdělnost co největší.

Jsme si vědomi, že každou stať knihy je možno dále rozpracovat, přinést podrobnější a detailnější informace v mnohem větším rozsahu. Nicméně dalším rozšířením textu bychom minuli záměr přinést stručný přehled oboru.

Přáním autora i redakce není jen to, aby kniha zaujala, ale také aby něco přinesla a čtenáře obohatila. A mým přáním autora (možná neskromným) je i to, aby si díky ní čtenáři uvědomili, jak neuvěřitelné, úžasné a fantastické je hmotné tělo, které nám bylo

dáno. Jsem bytostně přesvědčen, že **v našem těle všechno existuje z poměrně jednoduchých, ale zásadních důvodů**: buď je to účelné a funkční / nebo je to krásné / anebo je to účelné, funkční a krásné zároveň.

V Olomouci dne 1. června 2019
Miroslav Orel

1. Význam a základní vymezení studia stavby a funkce lidského těla

Než se zaměříme na vlastní téma naší knihy (tedy na stavbu a funkci lidského těla), je možná dobré položit si **otázku PROČ**. Proč by se psycholog, pedagog, sociální pracovník či kdokoli další, kdo není zdravotníkem, měl vůbec zajímat o oblast anatomie a fyziologie člověka? Proč jsou tyto disciplíny součástí rozvrhu na humanitních oborech vysokých škol? Proč jsou pro studenty uvedených nelékařských disciplín vyžadovány tyto znalosti u zkoušky (tedy proč se to vůbec musí učit, když nestudují medicínu)?

Touto otázkou začínáme, neboť – jak tvrdí zastánci některých směrů psychologie a psycho-
terapie (konkrétně logoterapie a existenciální analýzy) – **otázka „proč“ souvisí se smyslem**. V. E. Frankl ve svých knihách opakovaně uvádí, že „kdo ví proč, zvládne každé jak“. Tedy pokud známe důvod a vidíme jeho smysluplnost, i sebenáročnější úkol nemusí být velkou potíží. A naopak – pokud důvod neznáme a nevidíme ani smysl, i sebelehčí úkol se může stát zničujícím utrpením.

V kapitole věnované komplexnímu přístupu (který pojímá člověka jako jednotu těla, duše, vztahů a přesahu) krátce zmiňujeme souvislosti, které s tělesnou stránkou našeho bytí souvisejí. Platí, že **oblast duše, vztahů a přesahu s tělem jsou spolu neoddělitelně propojeny**. Pokud například budete cítit velkou bolest v některé části těla, ovlivní to vaše prožívání a chování, vztahy a vazby k lidem i širší oblasti, které vás přesahují. Tělo totiž souvisí s duší, vztahy i přesahem. Mozek (jako hmotný nositel psychiky) spolu s celým tělem (jako hmotnou součástí lidského bytí) umožňuje vnímat, myslet, konat, být.

A tím se dostáváme také k odpovědi na úvodní PROČ. Abychom mohli uvažovat (a pracovat) v komplexních souvislostech, je účelné (a dokonce nezbytné), abychom vycházeli z dílčích znalostí a rovin, které komplexitu tvoří. To znamená, že musíme mít povědomí o duševní a vztahové oblasti, přesahu a také oblasti biologické (tedy o našem těle).

I psycholog, pedagog nebo kdokoli jiný, kdo pracuje s druhými lidmi, má mít povědomí o tom, jak je poskládáno a jak funguje naše tělo. Tyto znalosti lze ale také brát jako součást všeobecného vzdělání a přehledu. Za účelné je tedy považujeme nejen pro studenty a absolventy vysokoškolského studia, ale pro vzdělání jako takové. To, co nás totiž (mimo jiné) vyděluje ze světa živých tvorů, jsou naše znalosti, schopnosti, dovednosti a moudrost, která z nich vychází.

A zmiňme ještě jeden aspekt odpovědi na položená PROČ: Abychom porozuměli druhým, světu i sobě, musíme se nejen ptát, ale také znát.

1.1 Anatomie a fyziologie člověka v systému lékařských věd

Základními kameny, ze kterých naše kniha staví, jsou dva medicínské obory: anatomie a fyziologie člověka:

- **ANATOMIE** je nauka o stavbě zdravého těla. Zaměření na studium a popis zdravého těla někdy zdůrazňujeme označením „normální anatomie“. Vedle toho se patologická anatomie (patologie) zabývá studiem těla v nemoci.
- **FYZIOLOGIE** je obecně naukou o funkcích zdravého organismu. Lékařská fyziologie se zabývá funkcí lidského těla. Patologická fyziologie (patofyziologie) se zaměřuje na mechanismy vzniku a rozvoje nemoci v těle a funkce organismu v nemoci.

Názvy obou lékařských oborů vycházejí ze starých řeckých slov: *anatomē* znamená rozřezávání či rozdělování, *anatomnein* je slovesný tvar – rozřezat, *fysis* je řecký pojem pro přírodu a *logos* pro nauku.

Z logiky věci vyplývá, že anatomii a fyziologii (stavbu a funkci) lze studovat také u zvířat či rostlin. To uvádíme jen pro úplnost (a na okraj). V naší knize se budeme zabývat výhradně stavbou a funkcí lidského těla.

V uvedeném kontextu budeme dále používat pouze pojmy „anatomie“ a „fyziologie“, i když bychom správně měli používat „normální anatomie člověka“ a „lékařská fyziologie“ či „fyziologie člověka“.

Anatomie i fyziologie patří do **LÉKAŘSKÝCH OBORŮ TEORETICKÝCH (PRE-KLINICKÝCH)**. Řadíme sem dále **biochemii** (nauku o biochemických pochodech v organismu), **biofyziku** (nauku o fyzikálních mechanismech a souvislostech organismu), **lékařskou biologii** (nauku o biologických aspektech našeho těla), **histologii** a **embryologii** (nauku o mikroskopické stavbě tkání a nitroděložním vývoji), **farmakologii** (nauku o léčivých látkách) či již zmíněnou **patologickou fyziologii**.

Teoretické obory lékařských věd přinášejí základ znalostí a poznatků, ze kterých pak vycházejí **lékařské obory paraklinické a klinické**.

Uvedené tři základní skupiny oborů jsou součástí oborů medicíny (z latinského slova *medicinā* – lékařství, lék). V pojmech zaznívá latinská předložka *prae* – před, dopředu, řecká předložka *para* – při, u, vedle a známé řecké slovo *klínē* – lůžko.

PARAKLINICKÉ LÉKAŘSKÉ OBORY přinášejí specifické metody, postupy a technologie pomáhající při vyšetření pacientů, které je nezbytné pro určení nemoci (stanovení správné diagnózy) a adekvátní léčbu. Zahrnují například **klinickou biochemii** (umožňující podrobný rozbor složení moči, krve, mozkomíšního moku apod.), **radiologii** (umožňující vyšetření používající rentgen, počítačovou tomografii, magnetickou rezonanci apod.).

KLINICKÉ LÉKAŘSKÉ OBORY jsou zaměřeny přímo na péči o pacienty. Zahrnují tedy také vlastní léčbu. Členíme je do dvou velkých skupin – **interní** a **chirurgické obory**, které se dělí na další specializovaná odvětví.

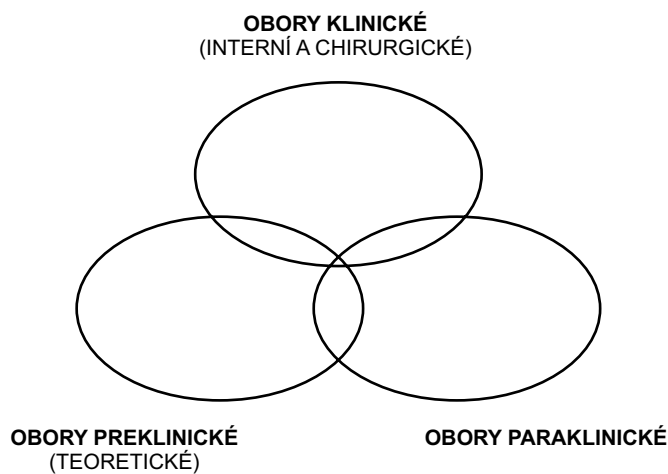
Pro úplnost sdělení a pro představu doplníme, že **interní obory** zahrnují řadu podoborů, které **se zabývají jednotlivými orgánovými soustavami a orgány** – například kardiologie (řeší onemocnění srdce), angiologie (onemocnění cév), pneumologie (onemocnění dýchacích cest a plic), nefrologie (onemocnění ledvin), hematologie (onemocnění krve), endokrinologie (onemocnění žláz s vnitřní sekrecí), revmatologie (onemocnění pohybového aparátu). Dále sem patří neurologie (onemocnění nervové soustavy), psychiatrie (duševní onemocnění), dermatovenerologie (onemocnění kůže a nemoci pohlavní), imunologie a alergologie (onemocnění imunity), onkologie (onemocnění nádorová). Součástí je také praktické lékařství (jako obor prvního kontaktu), pediatrie (dětské lékařství) či rehabilitační lékařství.

Také **chirurgické obory** jsou dnes členěny do mnoha specializací, jejichž náplň odpovídá názvu. Rozeznáváme chirurgii hrudní, břišní a cévní (zaměřené na konkrétní oblasti lidského těla), kardiochirurgii (zabývá se operacemi a onemocněními srdce), neurochirurgii (operace a onemocnění nervového systému), urologii (operace a onemocnění ledvin a močových cest), ortopedii (onemocnění pohybové soustavy), otorinolaryngologii (ORL – onemocnění oblasti nosu, uší a horních cest dýchacích včetně hlasivek), oftalmologii (onemocnění očí), plastická a estetická chirurgie (chirurgie kůže a měkkých tkání). Mezi chirurgické obory patří také gynekologie a porodnictví, traumatologie (zaměřená na úrazy), anesteziologie a resuscitace (věnující se život ohrožujícím stavům, bolesti a anestezii).

Lékařské obory se svou náplní **doplňují** a částečně překrývají. Hlavním cílem je pomoc a péče potřebným. Důsledkem obrovského množství poznatků lékařské vědy je nejen zvýšení možností diagnostiky a léčby, ale také **specializace** a **superspecializace**. Jednotliví lékaři se tak stávají odborníky úzce zaměřenými na určitou orgánovou soustavu, orgán nebo oblast.

Jinými slovy, s očima se chodí k očnímu lékaři, s kožními potížemi ke kožnímu specialistovi, s duševními problémy k psychiatrovi atd. To dnes považujeme za běžný standard moderní

péče. Nutno však poznamenat, že na jedné straně nám specializace umožní precizní diagnostiku a léčbu u odborníka, na druhé straně se tím může ztrácet komplexnost a provázanost – lidské tělo funguje jako celek a jednotlivé oblasti a části jsou ve vzájemných vazbách. Mimochodem, nemůže pak obliba alternativních či orientálních směrů medicíny být jakýmsi „voláním“ po určité komplexnosti?



Obr. 1.1 Základní dělení lékařských věd

1.1.1 Základní roviny a směry popisující lidské tělo

Abychom se při popisu lidského těla dokázali domluvit, přesně a jednoznačně popsat lidské tělo a jeho části, vycházíme z **mezinárodního označení** rovin a směrů. Výchozími pojmy při jejich vymezení (jakož i při popisu jednotlivých částí těla) jsou slova latinského a řeckého původu.

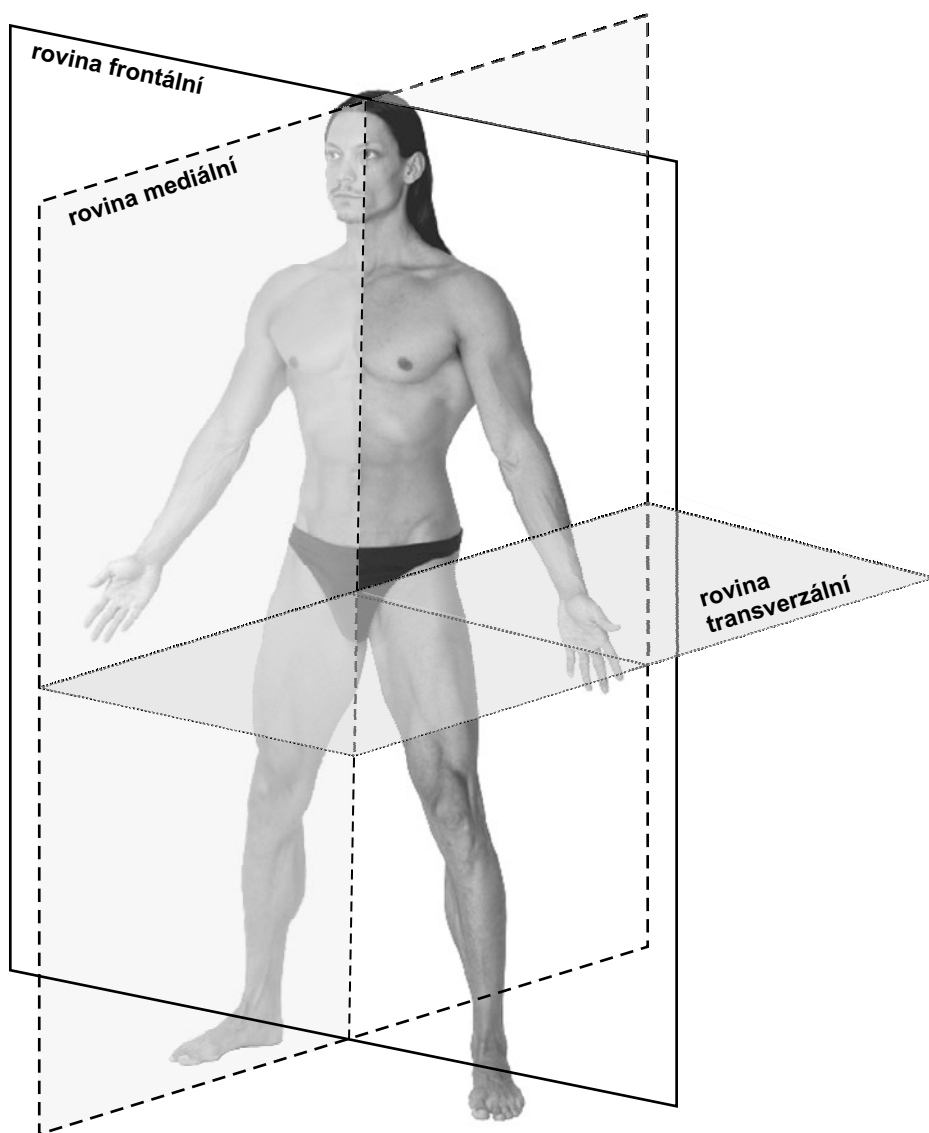
Základní anatomickou polohou těla, ze které vycházíme, je vzpřímený postoj osoby otočené směrem k nám, s horními končetinami volně svěšenými podél trupu, kdy dlaně směřují dopředu. Pravá a levá strana se přitom vždy vztahují k danému člověku (jako na fotografii – pravá strana těla je na levé straně fotografie).

Z dané polohy jsou odvozeny všechny roviny a směry, které při popisu těla používáme, bez ohledu na momentální polohu, ve které se daný člověk nachází. Využíváme je nejen v anatomii a patologické anatomii, ale i v chirurgii, interně a dalších oborech medicíny. My se s nimi prakticky seznámíme například v rámci prezentovaných snímků z vyšetření výpočetní tomografií (CT) a magnetickou rezonancí (MR) v jednotlivých kapitolách.



Obr. 1.2 Základní anatomická poloha

Model: Ivo Jambor, sólista baletu Moravského divadla v Olomouci a fitness trenér.



Obr. 1.3 Základní roviny popisující lidské tělo

Model: Ivo Jambor, sólista baletu Moravského divadla v Olomouci a fitness trenér.

Mezi **základní anatomické roviny** vztahující se k tělu patří rovina mediální a dále roviny sagitální, frontální a transverzální:

- **Rovina mediální** prochází středem těla zepředu dozadu (dělí tělo přesně uprostřed na pravou a levou polovinu).
- **Roviny sagitální** jsou všechny roviny, které jsou rovnoběžné s rovinou mediální.
- **Roviny frontální** (nebo také koronární) jsou všechny roviny, které probíhají zprava doleva, rovnoběžně s čelem, kolmo na mediální rovinu.
- **Roviny transversální** probíhají vodorovně (a logicky kolmo na všechny předchozí roviny).

Zatímco mediální rovina je pouze jedna jediná, všechny ostatní roviny mohou být ve větším počtu. Například transversální jsou všechny navzájem rovnoběžné roviny, které probíhají vodorovně v různých úrovních těla.

Pouze s rovinami si však při popisu těla a jeho částí nevystačíme. Pro další zpřesnění popisu využíváme také **základní anatomické směry**: vertikální, předozadní a horizontální. Všechny se opět vždy vztahují k základní anatomické poloze.

Mezi **vertikální směry** patří směr kraniální a kaudální, na končetinách pak proximální a distální:

- **Kraniální směr** (*cranialis* z latinského *cranium* – lebka) označuje směr nahoru (přesněji k hlavě). Ekvivalentní je označení *superior* (horní, směřující nahoru).
- **Kaudální směr** (*caudalis* z latinského *cauda* – ocas, konec) směřuje k dolnímu konci páteře, tedy dolů. Alternativou je označení *inferior* (dolní, směřující dolů).

Na končetinách používáme pojmy **proximální** (*proximalis* – směrem k trupu) a **distální** (*distalis* – směrem od trupu, tedy ke konečkům prstů).

K **předozadním směrům** řadíme směr ventrální a dorzální:

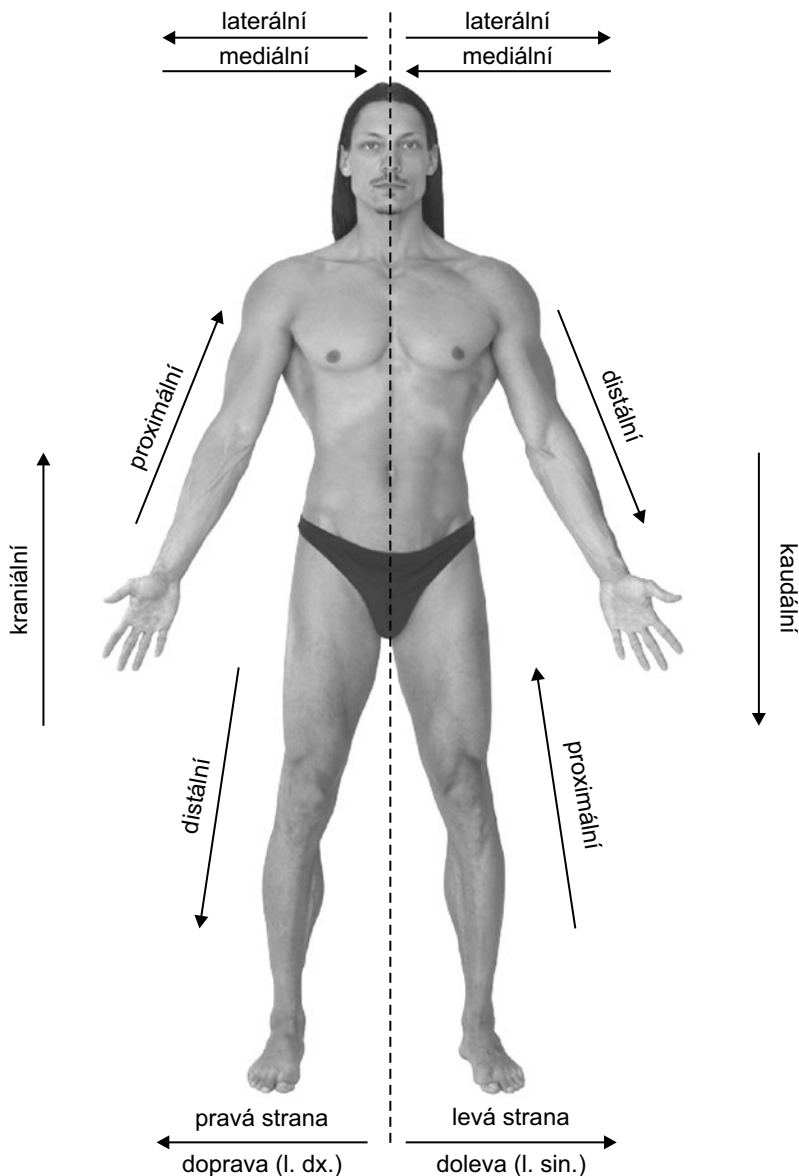
- **Ventrální směr** (*ventralis* z latinského *venter* – břicho) míří dopředu. Synonymem je *anterior* (přední, směřující dopředu).
- **Dorzální směr** (*dorsalis* z latinského *dorsum* – záda) směřuje dozadu. Variantou je označení *posterior* (zadní, směřující dozadu).

Horizontální směry zahrnují směr mediální a laterální, doprava a doleva:

- **Směr mediální** (*medialis*) směřující k mediální rovině, tedy ke středu těla.
- **Směr laterální** (*lateralis*) je naopak od mediální roviny ven ke stranám.
- **Směr doprava** označujeme jako *dexter* (nebo *lateris dextri* /l. dx./ – k pravé straně).
- **Směr doleva** je *sinister* (nebo *lateris sinistri* /l. sin./ – k levé straně).

Jelikož jsou směry voleny vzhledem k základní anatomické poloze, je zřejmé, že například směr *dorsalis* (neboli *posterior*) je vždy orientován k zadům daného člověka – tedy stále

stejně u člověka stojícího čelem, zády, pravým nebo levým bokem k pozorovateli, u člověka ležícího na zádech, na břiše, na pravém nebo levém boku, zavěšeného za nohy hlavou dolů nebo v jakékoli jiné poloze.



Obr. 1.4 Základní směry popisující lidské tělo

Model: Ivo Jambor, sólista baletu Moravského divadla v Olomouci a fitness trenér.

Vše zevní je označováno jako **externí** (neboli *externus*) a vše vnitřní je **interní** (neboli *internus*). A konečně používáme pojem *superficialis*, což znamená **povrchový**. Vedle toho pojem *profundus* je označením pro **hluboký**.

2. Úroveň buněk

Z biologického hlediska patří člověk mezi **mnohobuněčné organismy**. Naše tělo je složeno z jednotlivých buněk, které se seskupují do tkání. Ty tvoří orgány, jež se sdružují do orgánových soustav. Organismus jako takový je pak komplexem orgánových soustav a zahrnuje v sobě všechny nižší úrovně (orgány, tkáně a buňky).

Pro každý živý organismus (včetně člověka) nepochybně platí známá moudrost, že **celek je vždy více než součet jednotlivých částí**.

Základním **stavebním kamenem** lidského těla je **buňka** (*cellula*). Právě buňky jsou **nositeli funkcí živé hmoty**, ke kterým patří zejména růst, pohyb, dědičnost a rozmnožování, výměna a přeměna látek, energií a informací a také reaktivita (spojená se schopností zachytit změny vnějšího a vnitřního prostředí).

Studiem buněk se zabývá **cytologie** (z řeckého *kytos* – buňka a *logos* – nauka).

Přesto, že buňky lidského těla jsou „rozmanitou společností“ různých velikostí, tvarů, barev a vlastností, jejich základní stavba je obdobná. Podívejme se nyní na buněčnou úroveň podrobněji.

2.1 Základní chemické a biochemické buněčné komponenty

Pokud chceme náš výklad podat systematicky, organizovaně a hierarchicky, je vhodné začít u základního složení buněk. Chemický substrát, který tvoří buňky našeho těla, představuje řada látek anorganické i organické povahy.

Z hlediska chemie představují buňky našeho těla velmi pestrý **chemický koktejl**. Mnohotvárné není jen vlastní chemické složení, ale také **metabolické procesy** (resp. biochemické reakce), které v buňkách probíhají. Není proto divu, že chemickým pochodům odehrávajícím se v živých buňkách a v organismu se věnuje samostatný a poměrně obsáhlý obor – **biochemie**.

V další části textu se dotkneme pouhých základů základu. Chemická stránka našich buněk, její význam a návaznosti jsou však pochopitelně mnohem obsáhlejší.

2.1.1 Základní anorganické složky buněk

K hlavním anorganickým komponentám buněk patří nepochybně **VODA** (chemicky H_2O). Pro život, jak ho známe, je naprosto nezbytná. Tvoří nejen většinu vlastního objemu buňky, ale představuje také prostředí, ve kterém buněčné děje a biochemické reakce probíhají.

Význam vody pro život je zcela zásadní. Pokud vědci pátrají po životě mimo naši planetu, zaměřují se v první řadě na hledání kapalné vody. Případné nalezení vody v tekutém stavu neznamena automaticky přítomnost života, jak ho známe. Je ale jednou z jeho podmínek.

Pokud se podíváme na nejčastěji se vyskytující **IONTY**, najdeme jich v našich buňkách velmi širokou a pestrou paletu. Jde se jak o kladně nabitě **kationty**, tak záporně nabitě **anionty**.

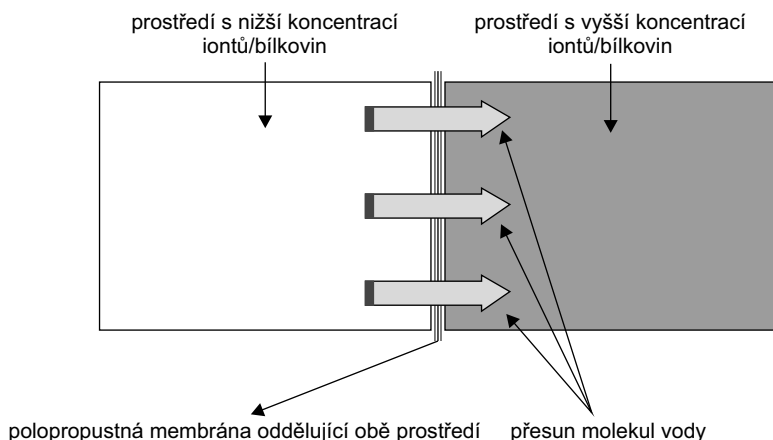
Nejhojnějším nitrobuňčným iontem je draselný kationt (K^+), který buňky aktivně hromadí. V nižší koncentraci se pak v buňkách nachází kationty sodné (Na^+), vápenaté (Ca^{2+}) a hořečnaté (Mg^{2+}). Ze záporných iontů dominuje především chloridový aniont (Cl^-).

Velmi významné jsou bikarbonáty (HCO_3^-) a fosfáty (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-). Mimo jiné se podílejí na stabilizaci pH, tedy kyselosti vnitřního prostředí buňky.

Hodnota pH v konkrétních buňkách se může do určité míry lišit (záleží na stavu i vývojové fázi buňky). Vedle toho krevní plazma má přísně regulované pH, které je řadou mechanismů udržováno ve fyziologickém rozmezí $7,4 \pm 0,04$ (viz kapitola 5).

Důležitý pojem, který s anorganickými látkami souvisí, je **osmotický tlak**. Projevuje se v případě, že dvě prostředí jsou od sebe oddělena polopropustnou membránou. Jelikož membrány v našich buňkách jsou polopropustné, osmotický tlak se zde uplatňuje velmi významně. Zjednodušeně ho můžeme vysvětlit tak, že prostředí, které obsahuje větší množství iontů a látek s malou molekulou (má vyšší koncentraci), nasává vodu (která se „snaží“ naředit hustší prostředí, respektive vyrovnat koncentrace na obou stranách membrány).

Vedle osmotického tlaku hraje v živých buňkách významnou roli také **tlak koloidně-osmotický** neboli **onkotický**. Ten je způsoben velkými molekulami – jmenovitě bílkovinami, které nemohou procházet přes biomembrány a rovněž nasávají vodu. Podílí se tak mimo jiné například na udržování objemu krve v cévním řečišti.



Obr. 2.1 Princip osmotického a onkotického tlaku

Ne všechny anorganické látky jsou rozpustné. K **nerozpustným anorganickým látkám** patří zejména uhličitán vápenatý (CaCO_3) a fosforečnan vápenatý ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Podílejí se především na stavbě kostí a zubů.

Ve stručném výčtu anorganických látek, které se v buňkách lidského těla vyskytují, jistě nelze pominout i **některé kovy**, jako železo (Fe), zinek (Zn), kobalt (Co), mangan (Mn), molybden (Mo) a další. Jejich celkové množství není tak vysoké jako u již zmíněných látek, nicméně pro fyziologické funkce jsou velmi podstatné.

2.1.2 Základní organické složky buněk

Zatímco výše uvedené anorganické látky mohou být součástí i neživé hmoty, dále jmenované látky organické povahy jsou vázané na živou hmotu.

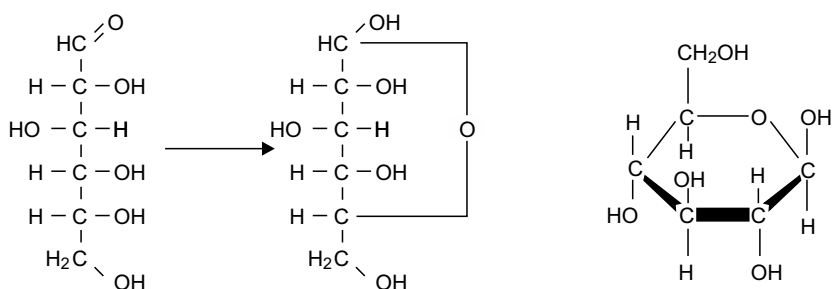
Poznámka: Základem organických látek jsou řetězce, ve kterých je dominantně zastoupen uhlík (C). Tento prvek tvoří základní kámen látek organické povahy. Uhlík je rovněž součástí řady anorganických látek. A možná není bez zajímavosti, že krystalická forma uhlíku představuje vysoce ceněný drahokam – diamant.

Podle velikosti molekuly lze organické látky rámcově dělit do dvou základních skupin – jsou to **nízkomolekulární organické látky** (s menšími molekulami) a **vysokomolekulární organické látky** (s velkými molekulami, kterým říkáme makromolekuly).

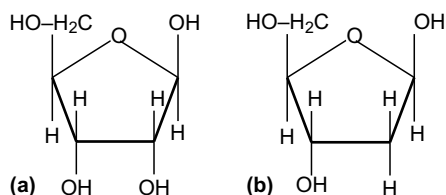
NÍZKOMOLEKULÁRNÍ ORGANICKÉ LÁTKY

Základní nízkomolekulární organické látky jsou nejjednodušší organické sloučeniny. Patří sem zejména jednoduché **CUKRY** – **glycidy**, které ve svých molekulách obsahují větší počet hydroxylových skupin (-OH):

- **Hexózy** obsahují šest atomů uhlíku v řetězci (příkladem je nejběžnější cukr – glukóza).
- **Pentózy** mají pět uhlíků v základním řetězci (příkladem může být ribóza a deoxyribóza).

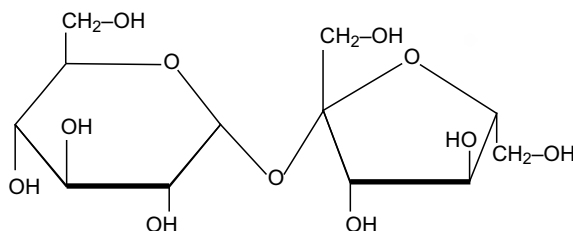


Obr. 2.2 Glukóza v různých formách zápisu chemického vzorce molekuly



Obr. 2.3 Ribóza (a), deoxyribóza (b)

Spojováním jednoduchých cukrů vznikají **glykosidy**. Ty se mohou vyskytovat jako disacharidy (se dvěma základními cukry), trisacharidy (obsahující tři základní cukry) až polysacharidy (s ještě více vázanými základními cukry).

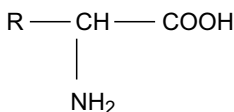


Obr. 2.4 Sacharóza – jako příklad disacharidu

Organické kyseliny jsou typické tím, že obsahují karboxylovou skupinu $-\text{COOH}$. Monokarboxylové kyseliny nesou pouze jednu karboxylovou skupinu, dikarboxylové kyseliny mají dvě a trikarboxylové kyseliny tři skupiny $-\text{COOH}$.

Nesmírně významnou skupinou organických kyselin jsou **AMINOKYSELINY**. Kromě karboxylové skupiny ($-\text{COOH}$) obsahují také aminovou funkční skupinu ($-\text{NH}_2$). Aminokyseliny tvoří celou řadu biologicky významných látek (včetně bílkovin), ale mají význam i jako volné molekuly. Mohou fungovat jako neurotransmitery, které se zapojují do přenosu informací mezi nervovými buňkami (např. glycin, kyselina glutamová), nebo jsou výchozím substrátem pro vznik dalších neurotransmiterů i hormonů (jako např. kyselina γ -aminomáselná odvozená od kyseliny glutamové, serotonin odvozený z aminokyseliny tryptofanu, acetylcholin odvozený z aminokyseliny serinu, adrenalin a tyroxin vycházející z aminokyseliny tyrosinu).

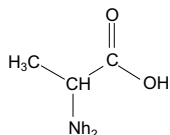
Spojením dvou až dvaceti aminokyselin pomocí **peptidové vazby** vznikají **oligopeptidy** (neboli peptidy). Jsou to vesměs biologicky vysoce účinné látky (patří sem např. hormon oxytocin, neurotransmitery endorfiny). **Polypeptidy** obsahují vždy méně než sto vázaných aminokyselin. Delší řetězce tvořené více než stovkou aminokyselin označujeme jako **proteiny** (bílkoviny), které již řadíme k vysokomolekulárním organickým látkám.



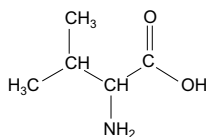
Obr. 2.5 Obecná stavba aminokyselin

R je variabilní část lišící se u konkrétních aminokyselin.

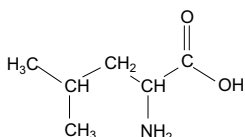
alanin (Ala)



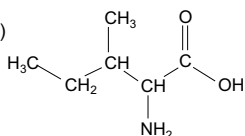
valin (Val)



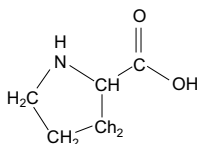
leucin (Leu)



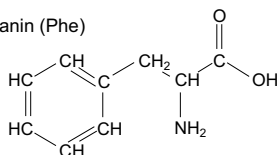
isoleucin (Ile)



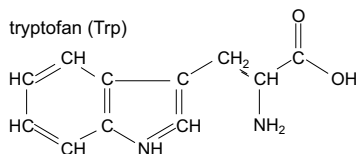
prolin (Pro)



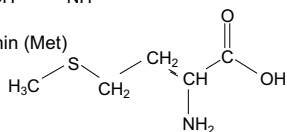
phenylalanin (Phe)



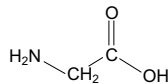
tryptofan (Trp)



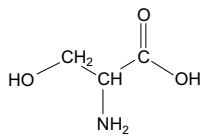
methionin (Met)



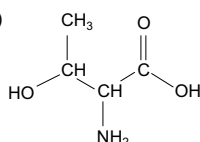
glycin (Gly)



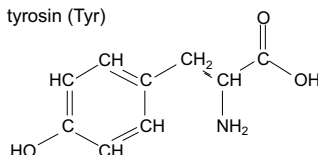
serin (Ser)



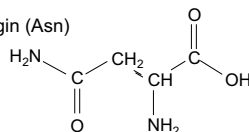
threonin (Thr)



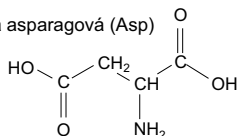
tyrosin (Tyr)



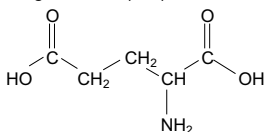
asparagin (Asn)



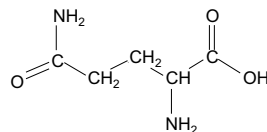
kyselina asparagová (Asp)



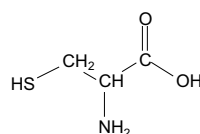
kyselina glutamová (Glu)



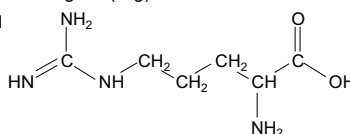
glutamin (Gin)



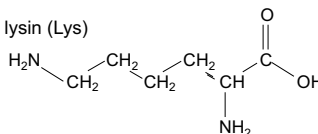
cystein (Cys)



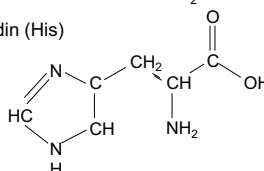
arginin (Arg)



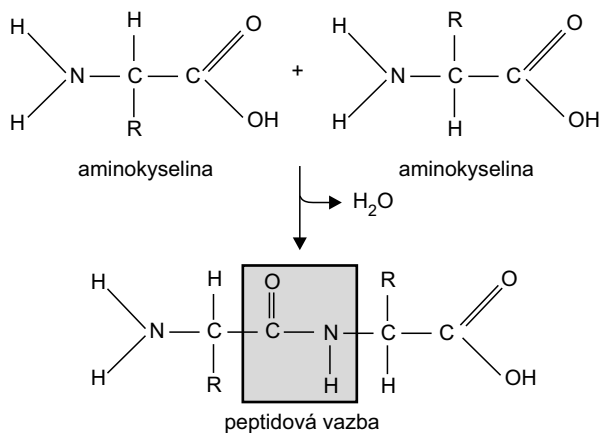
lysin (Lys)



histidin (His)



Obr. 2.6 Základní aminokyseliny (název, používaná zkratka, chemický vzorec)



Obr. 2.7 Peptidová vazba

NUKLEOTIDY představují základní stavební kameny nukleových kyselin (viz dále). Význam mají však také nukleotidy volné. Každý nukleotid se skládá ze tří částí: dusíkaté báze (adenin, guanin, cytosin, uracil nebo tymin), pentózy (ribózy nebo deoxyribózy), kyseliny trihydrogenfosforečné.

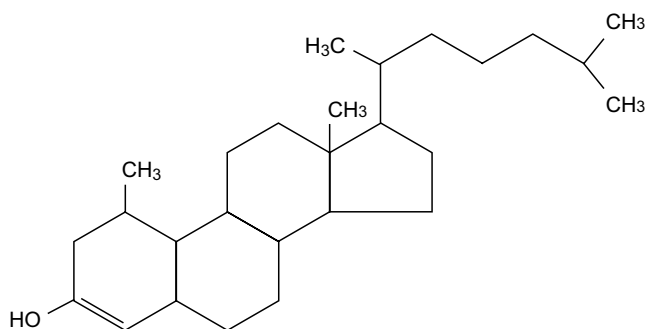
V buňkách nejhojněji zastoupeným nukleotidem je **adenozinmonofosfát** (AMP), který je mimo jiné součástí adenzindifosfátu (ADP), a hlavně adenzintrifosfátu (ATP).

Vazby mezi fosfátovými skupinami v molekule ATP označujeme jako **makroergické** – nesou v sobě „zakonzervovanou“ energii, která se uvolní jejich rozkladem (hydrolyzou).

Opačným procesem dochází k zakonzervování a uložení energie do ATP. Místem vzniku ATP v buňce lidského těla jsou mitochondrie.

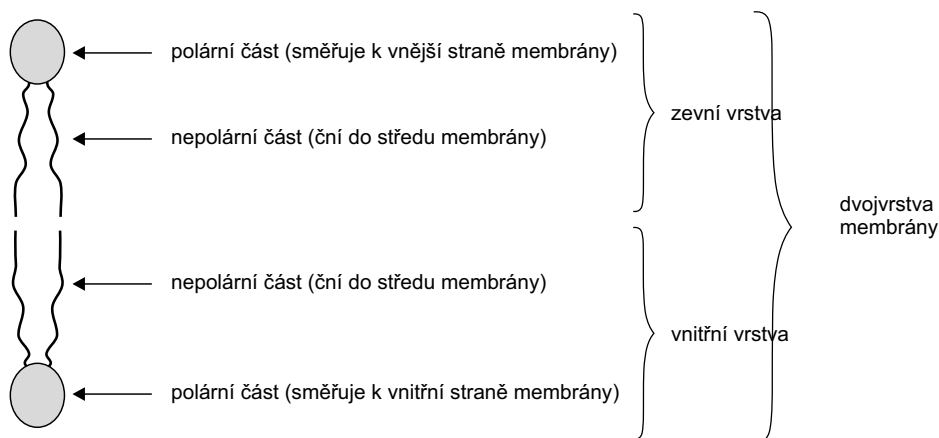
UHLOVODÍKY ve shodě se svým označením ve svých molekulách obsahují atomy uhlíku a vodíku. K jednomu z nejvýznamnějších uhlovodíků buněk lidského těla (a živočišných buněk obecně) patří **cholesterol**. Z chemického hlediska patří mezi steroly (které obsahují jednu hydroxylovou skupinu -OH). Vyskytuje se hojně v buněčných membránách a jsou od něj odvozeny i steroidní hormony a žlučová barviva. Patří tak k významným součástem buněk a organismu.

Do stejné skupiny patří také **vitamin D₃**, který uvádíme jako další příklad významných uhlovodíků vyskytujících se v živočišných buňkách. Je jedním z vitaminů skupiny D.



Obr. 2.8 Cholesterol

V rámci krátkého seznámení s jednoduchými organickými látkami nelze pominout **triglyceridy**. Z chemického hlediska se jedná o **LIPIDY** (tuky), přesněji estery glycerolu s vyššími mastnými kyselinami. Obsahují většinou šestnáct nebo osmnáct atomů uhlíku. Pro buňku jsou podstatným zdrojem energie. Podílejí se také na tepelné izolaci organismu a hrají i další role (tuková tkáň, která lipidy obsahuje, je nejen pasivní zásobárnou, ale metabolicky velmi aktivní tkání).



Obr. 2.9 Zjednodušená struktura fosfolipidů tvořících dvojvrstvou membránu

Speciální funkci sehrávají **membránové lipidy**, které reprezentují nesmírně významnou složku buněčné membrány. Mají dva dlouhé nepolární řetězce a jednu silně polární skupinu. V případě **fosfolipidů** je polární složkou zbytek kyseliny trihydrogenfosforečné. U **glykolipidů** je polární skupinou cukerná složka (nejčastěji polysacharid).

Glykolipidy (přesněji jejich polysacharidová složka směřující k povrchu membrány) tvoří struktury mnohých **antigenů** – podílejí se tak na antigenní specifitě buněk.

Jako příklad uvedme antigeny na povrchu červených krvinek, které mají právě glykolipidový charakter a udávají příslušnost ke krevním skupinám A, B, AB a 0.

VYSOKOMOLEKULÁRNÍ ORGANICKÉ LÁTKY

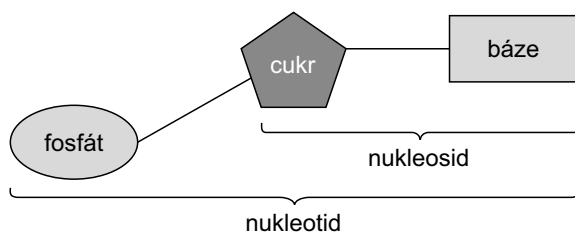
Organické látky, které označujeme jako vysokomolekulární, vznikají z látek nízkomolekulárních. Při jejich kondenzaci se vytvářejí specifické typy vazeb (glykosidická, peptidová a esterová), které jsou vedle obrovské molekuly o velké molekulární hmotnosti pro vysokomolekulární látky typické.

K základním vysokomolekulárním látkám, které v buňkách nacházíme, řadíme **nukleové kyseliny**, **proteiny** a **polysacharidy**.

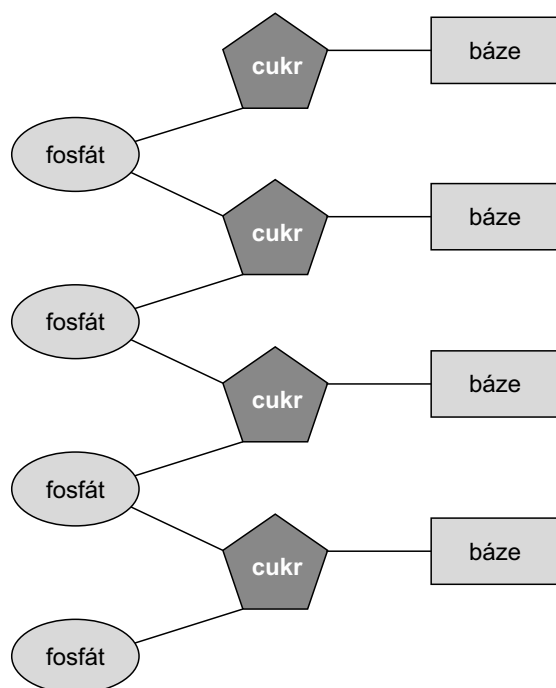
Proteiny a nukleové kyseliny někdy označujeme jako **informační makromolekuly** – ve sledu stavebních prvků, které je tvoří, totiž nesou uloženou informaci.

Protože uvedené vysokomolekulární látky obsahují ve svých molekulách řadu polárních skupin, jsou rozpustné ve vodě. Jejich roztoky se nazývají **koloidní roztoky**. Ty vykazují osmotický tlak (zjednodušeně nasávají vodu), který je však malý.

NUKLEOVÉ KYSELINY vznikají spojováním (kondenzací) základních stavebních jednotek – **nukleotidů**. Jeden nukleotid přitom sestává z pětiuhlíkatého cukru (pentózy), kyseliny fosforečné a dusíkaté báze. Cukr a dusíkatá báze vytváří nukleosid.



Obr. 2.10 Obecná stavba nukleosidu a nukleotidu



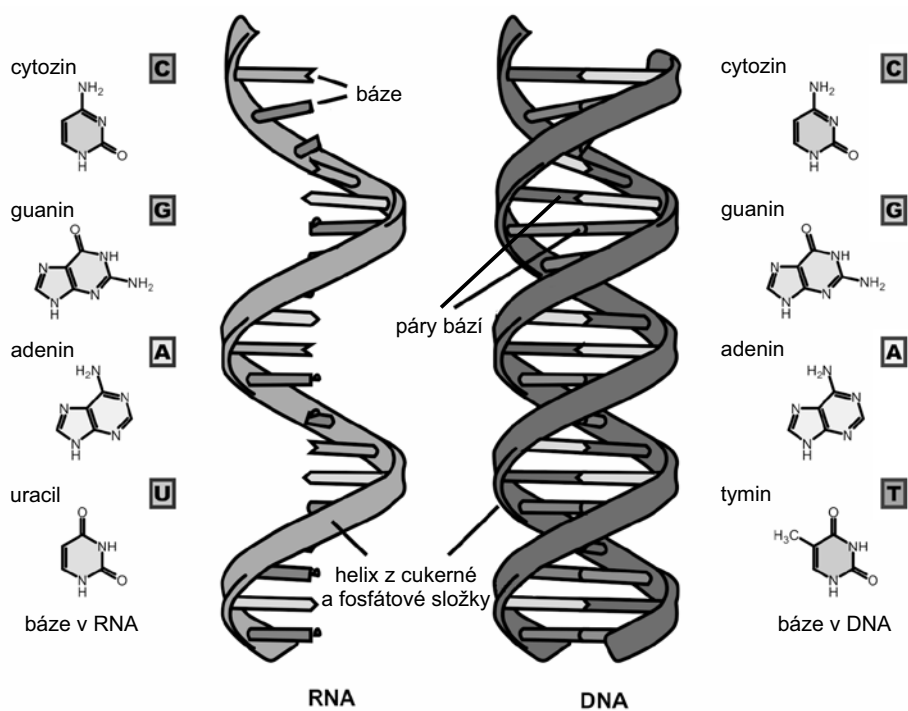
Obr. 2.11 Obecná stavba řetězce nukleové kyseliny

Existují dva základní typy nukleových kyselin – kyselina ribonukleová (RNA) a kyselina deoxyribonukleová (DNA). Podívejme se na základní rozdíly a shody obou v přehledné tabulce.

Tab. 2.1 Nukleové kyseliny

	NUKLEOVÁ KYSELINA	
	RNA	DNA
Cukr (pentóza)	ribóza	deoxyribóza
Dusíkatá báze	adenin (A), guanin (G), cytozin (C) a uracil (U)	adenin (A), guanin (G), cytozin (C) a tymin (T)
Molekula*	jedno vlákno	dvouvláknová šroubovice dvou komplementárních vláken
Doplňkové (komplementární) báze		A-T, T-A C-G, G-C

* **Poznámka:** Uvedené platí pro buňky lidského těla. U některých virů se můžeme setkat s jednovláknovou molekulou DNA.



Obr. 2.12 Nukleové kyseliny

PROTEINY (bílkoviny) jsou tvořeny z **aminokyselin**, které jsou v molekule bílkoviny peptidovými vazbami navzájem spojeny do dlouhého řetězce pomocí **peptidových vazeb**. N-konec tohoto řetězce obsahuje skupinu -NH_2 . C-konec nese skupinu -COOH . Postranní řetězce jsou různě dlouhé podle zapojených aminokyselin. Bílkoviny živých organismů jsou tvořeny dvaceti základními aminokyselinami.

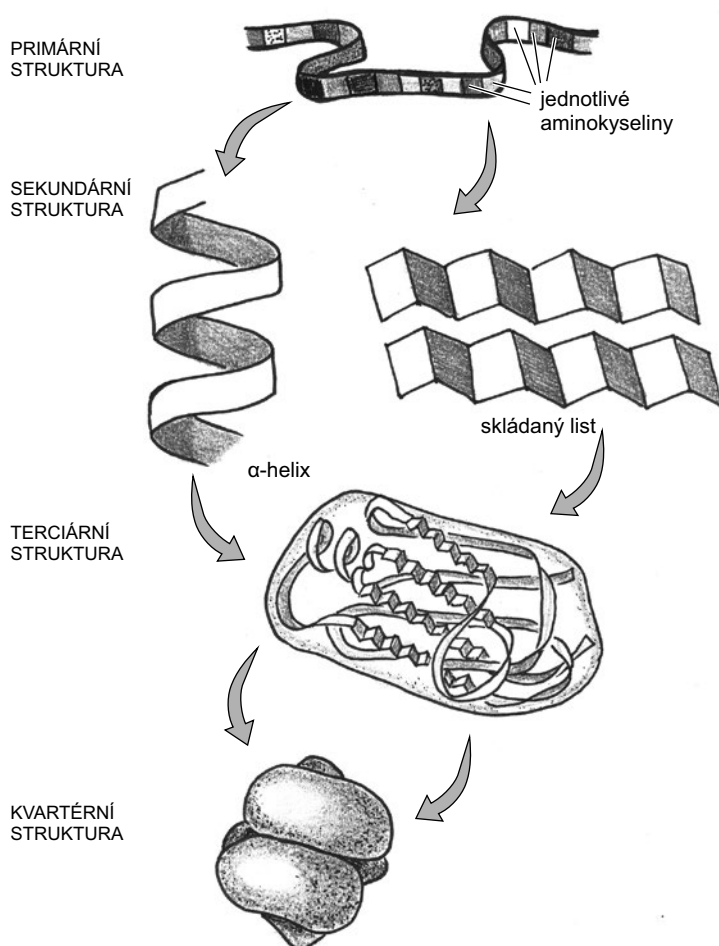
Makromolekula bílkovin vykazuje hierarchicky organizované uspořádání:

- Přesné pořadí aminokyselin v řetězci bílkoviny představuje **primární strukturu proteinu**. Ta je určena genetickou informací (viz dále).
- **Sekundární struktura** proteinu představuje další úroveň organizace proteinového řetězce. Je udržována především vodíkovými vazbami. Zahrnuje šroubovitě stočení (α -helix) nebo skládaný list (β -struktura).
- Uspořádání řetězce bílkoviny v prostoru se označuje jako **terciární struktura**. K jejímu udržení přispívají jak vodíkové vazby, tak disulfidové vazby a elektrostatické síly. Terciární struktura bílkovin závisí především na předchozích dvou úrovních

organizace řetězce aminokyselin (tedy na primární a sekundární struktuře). Významnou roli v prostorovém uspořádání bílkoviny však hrají také speciální proteiny (chaperony).

- **Kvartérní struktura** znamená ještě složitější organizaci několika proteinových řetězců, spojení s jinými látkami organické i anorganické povahy.

Právě terciární struktura proteinů ovlivní celkovou podobu a funkci proteinu. Díky ní totiž na proteinu vzniknou například **vazebná místa** schopná vázat na sebe specifické ligandy (třeba hormony, mediátory nebo antigeny), **aktivní centra** enzymů (kde probíhají biochemické reakce).



Obr. 2.13 Struktura organizace proteinů

POLYSACHARIDY vznikají kondenzací jednoduchých monosacharidů. Obsahují **glykosidické vazby**. Základním polysacharidem živočišných buněk, který vzniká kondenzací molekul glukózy, je **glykogen**. Plní zásobní funkci (jeho štěpením se uvolňují jednotlivé molekuly glukózy – základního energetického substrátu, ze kterého získávají buňky energie nejčastěji).

Zásobní látkou u rostlin je škrob. Polysacharid celulóza je podstatnou součástí stěn rostlinných buněk. Polysacharid chitin je součástí těl členovců a buněčných stěn hub. Agar je známý polysacharid mořských řas. Tím samozřejmě výčet existujících polysacharidů nekončí.

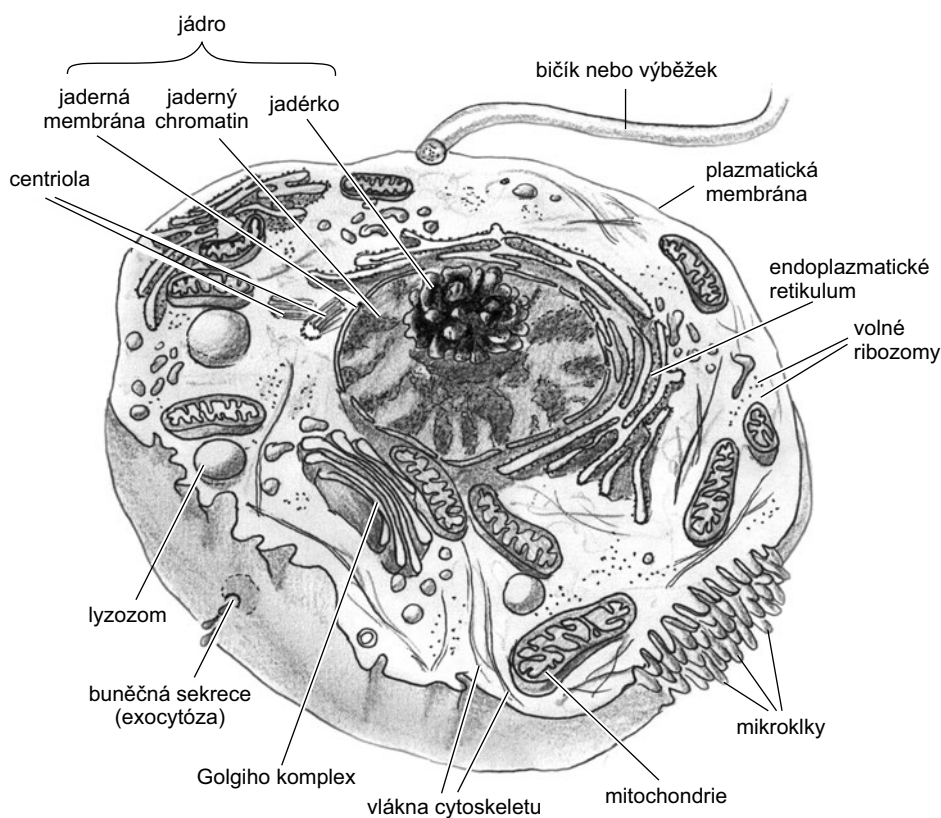
2.2 Základní organely buněk

Každá buňka lidského těla je proti svému okolí ohraničena plazmatickou membránou, která odděluje buněčné nitro – **intracelulární prostor** – od zevního prostředí – **extracelulárního prostoru**.

V označení prostorů zaznívají latinská slova *intrā* – uvnitř, vevnitř, *extrā* – zvenku, vně, mimo, zevně a *cellula* – buňka.

Nitro buňky tvoří **cytoplazma**, která obsahuje jednotlivé **buněčné organely**. Ty bychom mohli označit jako „orgány buňky“, uzpůsobené a specializované k vykonávání **určité funkce**. Právě na ně se nyní podíváme.

***Poznámka:** Buňky rostlin, bakterií a hub jsou navíc ohraničeny buněčnou stěnou. Rostliny obsahují speciální organely jako například chloroplasty (umožňující fotosyntézu, tedy přeměnu anorganických látek na organické za přítomnosti světla) nebo vakuoly (sloužící jako zásobní organely). Živočišné buňky tyto struktury neobsahují, proto se jimi dále nezabýváme (a zmiňujeme je zde pouze na doplnění).*



Obr. 2.14 Buňka a buněčné organely

2.2.1 Plazmatická membrána

Již víme, že plazmatická membrána odděluje intracelulární a extracelulární prostor. Představuje tak velmi důležitou **hraniční zónu buňky**. Podílí se na udržování **tvaru buňky**. Je místem, kde dochází k výměně látek, energií a informací mezi buňkou a jejím okolím. Obsahuje **receptory**, které slouží jako přijímače informací.

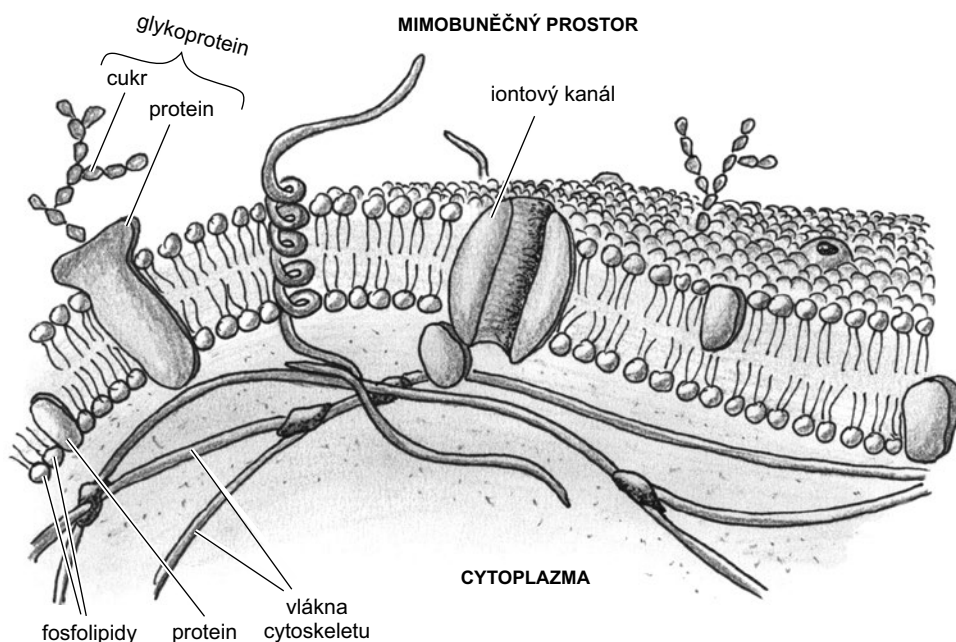
Stavebním podkladem plazmatické membrány je **dvojvrstva fosfolipidů**, ve které jsou umístěny **proteiny** (bílkoviny). Některé z nich procházejí celou šířkou plazmatické membrány, jiné jsou kotveny ze zevní nebo vnitřní strany. Na proteiny plazmatické membrány mohou být navázány další látky – například **glykoproteiny** jsou bílkoviny s navázaným cukrem.

Mezi hojně zastoupené fosfolipidy plazmatické membrány patří zejména **lecitin** (fosfatidylcholin). Významnou součástí je také **cholesterol**.

Antigeny plazmatické membrány (jako struktury, které jsou „vystřeny směrem ven“) určují „svěbytnost, příslušnost a identitu“ každé buňky a vstupují do imunitních reakcí.

O antigenech obecně a také o antigenech hlavního histokompatibilního komplexu se dozvíme v části věnované imunitě (viz oddíl 4.10).

Plazmatická membrána je velmi dynamickou strukturou – její detailní podoba se neustále mění. Některé části se přeskupují, jiné se mohou objevovat nově, další mohou zanikat. Jelikož je složena z řady částí a dynamicky se proměňuje, přirovnává se k **tekuté mozaice**.



Obr. 2.15 Plazmatická membrána

Obecně můžeme říci, že plazmatická membrána je **polopropustná – semipermeabilní** (z latinských slov *sēmi* – polo, napůl a *permeābilis* – propustný, průchodný).

Propustnost různých látek přes plazmatickou membránu se liší. Například dýchací plyny (O_2 a CO_2) a látky rozpustné v tucích procházejí **prostou difuzí**. Nabité ionty přes membránu volně procházet nemohou. Potřebují speciální bílkovinné **iontové kanály**, které umožňují jejich průnik přes membránu. Existence a role iontových kanálů je naprosto zásadní pro činnost řady buněk našeho těla, zejména nervových a svalových.

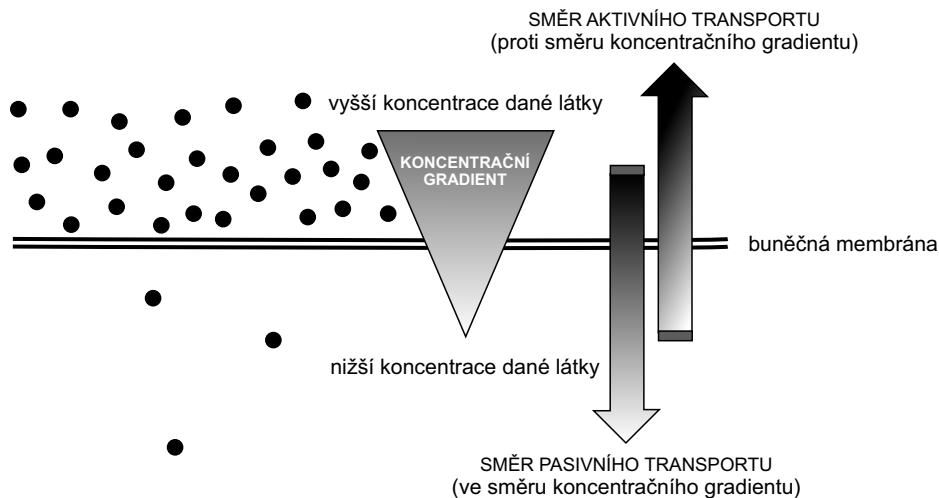
Iontové kanály přítomné v plazmatické membráně mohou být otevřeny trvale nebo je jejich otevírání řízeno. Mohou přitom být řízeny **elektricky** (změnou elektrického napětí), **chemicky** (působením určitých chemických látek) nebo **mechanicky** (mechanickým podnětem – ohnutím, natažením, tlakem apod.).

Propustnost plazmatické membrány pro vodu (H_2O) je relativně omezená. V plazmatické membráně najdeme **akvaporiny** (jakési „vodní kanály“, z latinského *aqua* – voda a *porus* – průchod, skulina, otvor, pór), kterými molekuly vody mohou selektivně procházet.

Velmi důležitý mechanismus zajišťující transport vody přes membránu je **osmóza**, o které jsme se již zmínili. Je vždy pasivní a představuje difuzi molekul vody ve směru koncentračního gradientu vody. Prostředí oddělené membránou, které obsahuje více osmoticky aktivních částic (je koncentrovanější), nasává vodu. Díky osmóze má voda tendenci naředit koncentrovanější prostředí, respektive vyrovnat koncentrace prostředí na obou stranách membrány.

Průchod látek prostou difuzí a speciálními kanály či póry je realizován po **směru koncentračního gradientu** – vždy ze strany s vyšší koncentrací do místa s nižší koncentrací. Nevyžaduje k tomu energii, a proto hovoříme o **pasivním transportu**.

Při pasivním transportu stačí, aby existovala „cesta přes membránu“. Hnací silou, která průchod látky podmíní, je právě koncentrační gradient.

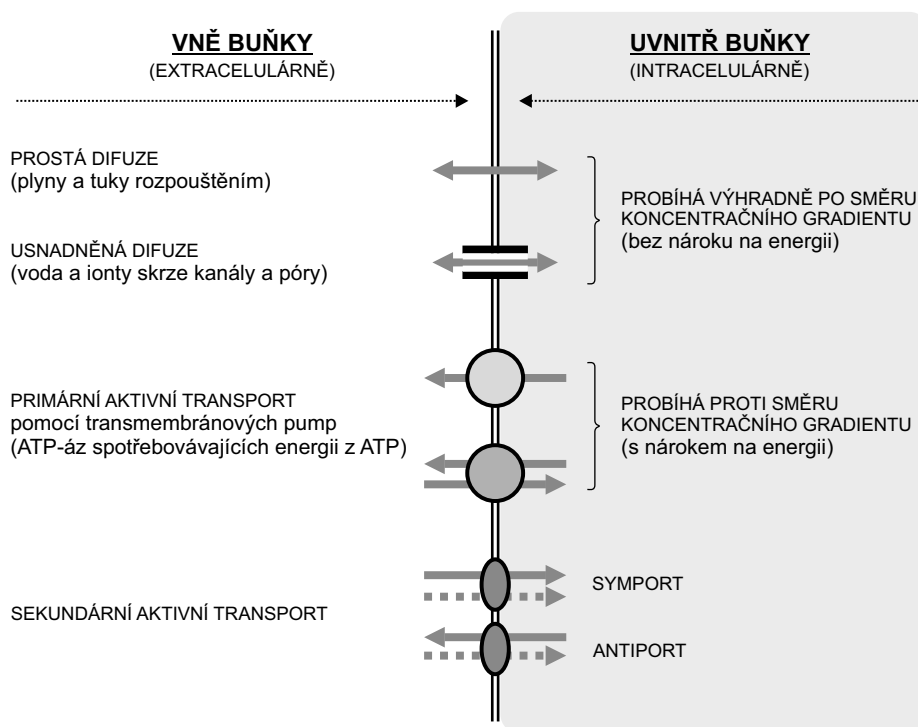


Obr. 2.16 Koncentrační gradient a jeho význam pro pasivní transport látek přes plazmatickou membránu

- **Prostou difuzí** přechází přes plazmatickou membránu plyny a mnohé látky tukové povahy.
- **Usnadněná difuze** (přechod skrze kanály a póry) se týká vody a iontů.

Mnohdy ale buňka potřebuje přemístit látky **proti koncentračnímu gradientu**. I to je možné. Děje se tak prostřednictvím **aktivního transportu**, který vždy vyžaduje energii. V membráně tomuto účelu slouží řada **speciálních přenašečů**. Jsou bílkovinné povahy a fungují jako **transmembránové pumpy**. Ke své činnosti vyžadují ATP, kterou štěpí a uvolňují tak energii (vykazují ATP-ázovou aktivitu). Příkladem může být Na^+/K^+ ATP-áza neboli sodíko-draslíková pumpa, která aktivně čerpá sodíkové ionty ven a draslíkové dovnitř buňky v poměru $3\text{Na}^+ : 2\text{K}^+$.

Připomeňme, že ATP (adenosintrifosfát) vznikající v mitochondriích je univerzálním zdrojem energie pro buněčné pochody a děje. Pokud se rozkládá na adenosindifosfát (ADP) a ten následně až na adenosinmonofosfát (AMP), dochází k uvolnění energie, která může být využita k rozličným účelům – zde například k realizaci aktivního transportu přes plazmatickou membránu.

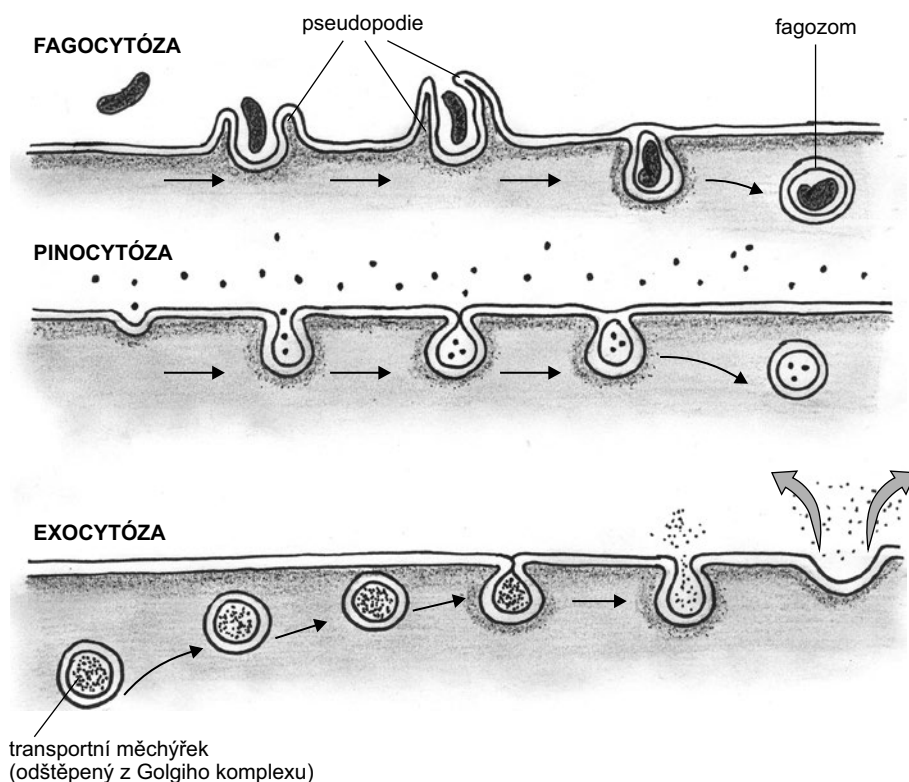


Obr. 2.17 Možnosti přesunu látek přes plazmatickou membránu

Vedle aktivního transportu existuje ještě **sekundární aktivní transport**, který přes membránu přenáší vždy dvě částice najednou – při **kotransportu** jsou obě částice přenášeny ve stejném směru, při **antiportu** ve směru opačném. Jedna částice přitom prochází ve směru svého koncentračního gradientu a druhá částice se „přidá a využije toho“.

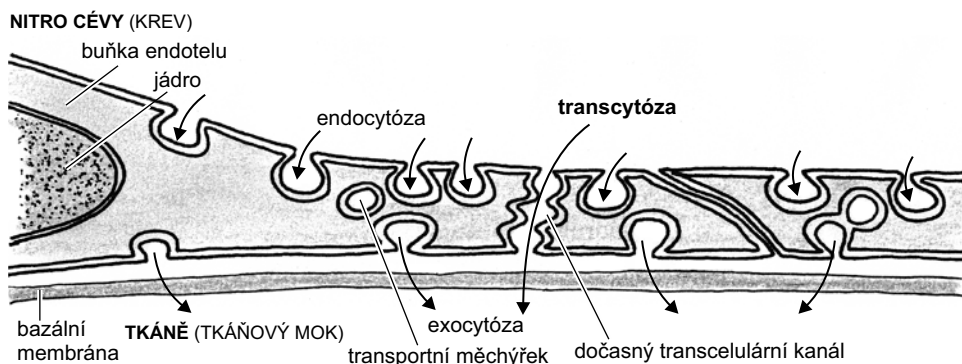
Větší látky přes membránu procházet nemohou. Možností, jak je buňka může přijmout nebo vyloučit, je **endocytóza** a **exocytóza**:

- Při **endocytóze** je látka nebo částice, kterou buňka hodlá pohltnout, nejprve obklopena výběžky plazmatické membrány (říkáme jim pseudopodie). Ty postupně uzavřou danou strukturu do jakéhosi měchýřku. Ten se vzápětí oddělí od plazmatické membrány a přenesení svůj obsah do nitra buňky. Variantou je fagocytóza a pinocytóza.
- **Exocytóza** je *de facto* opačným procesem. Slouží k vylučování látek, které buňka produkuje nebo se jich zbavuje. Měchýřek obklopující danou látku (nejčastěji je odštěpen z Golgiho aparátu – viz dále) se přiblíží k plazmatické membráně a splyne s ní. Jeho obsah se následně uvolní a „vyleje“ do zevního prostředí.



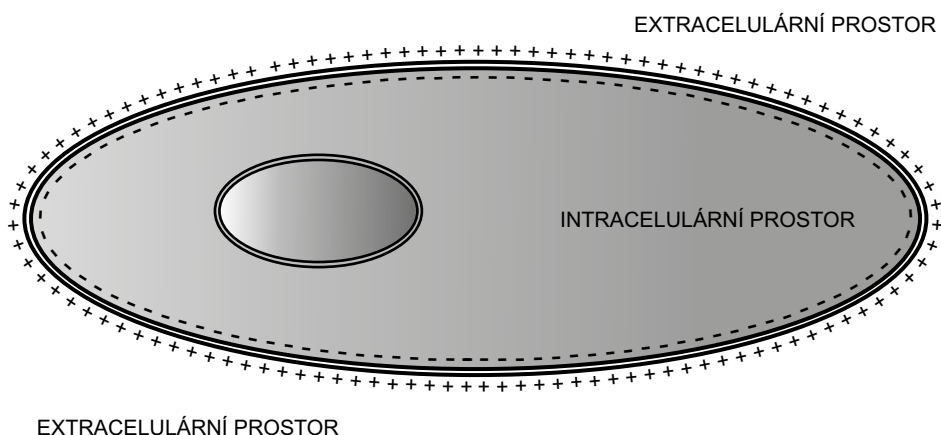
Obr. 2.18 Fagocytóza, endocytóza a exocytóza

Endocytóza a exocytóza probíhá ve všech buňkách. V endoteliálních buňkách vystylajících kapiláry může na krátkou dobu splynout váček endocytický a exocytický s váčky intracelulárními. Na okamžik tak vzniká transcelulární kanálek, který prochází skrz endoteliální buňku a usnadňuje přechod látek. Jelikož jsou krevní kapiláry místem intenzivní výměny látek mezi krví a tkáněmi, je tento mechanismus nanejvýš účelný. Nazývá se **transcytóza**.



Obr. 2.19 Transcytóza

Plazmatická membrána našich buněk není elektricky neutrální, ale je **polarizovaná**. Z její vnější strany převažuje kladný náboj, z vnitřní strany náboj záporný. Souvisí to jednak s nerovnoměrným rozložením nabitých částic v buňce a mimo ni, jednak s pohybem a přesunem iontů přes membránu.

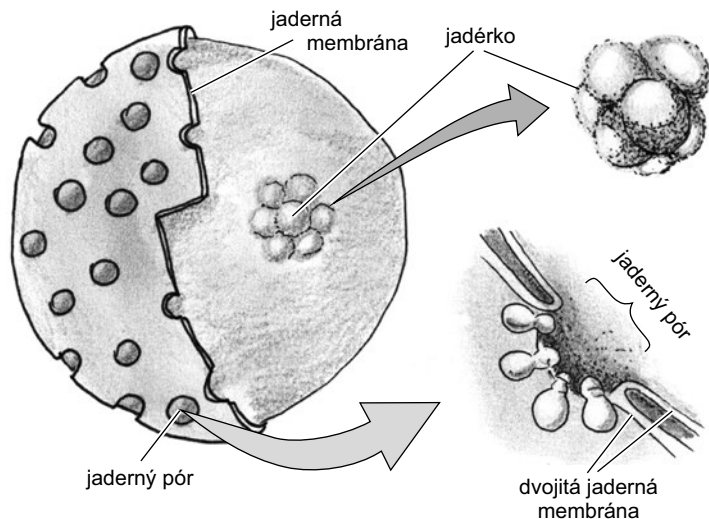


Obr. 2.20 Polarizace buněčné membrány

Polarizace buněčné membrány má obrovský význam zejména pro činnost nervových a svalových buněk. O vzniku a formách polarizace membrány se proto blíže seznámíme v pasáži věnované nervové tkáni.

2.2.2 Buněčné jádro

Buněčné jádro (*nucleus*) je jakýmsi **informačním centrem** buňky. Vyskytuje se ve všech buňkách až na výjimky superspecializovaných buněk, které nejsou schopné dělení (jako jsou např. červené krvinky nebo buňky povrchové vrstvy kůže). Hmota jádra je od okolní cytoplazmy oddělena dvojitou **jadernou membránou**, která obsahuje jaderné póry (vypadají jako drobné otvůrky). Zevní vrstva jaderné membrány přechází do membrány endoplazmatického retikula.



Obr. 2.21 Buněčné jádro

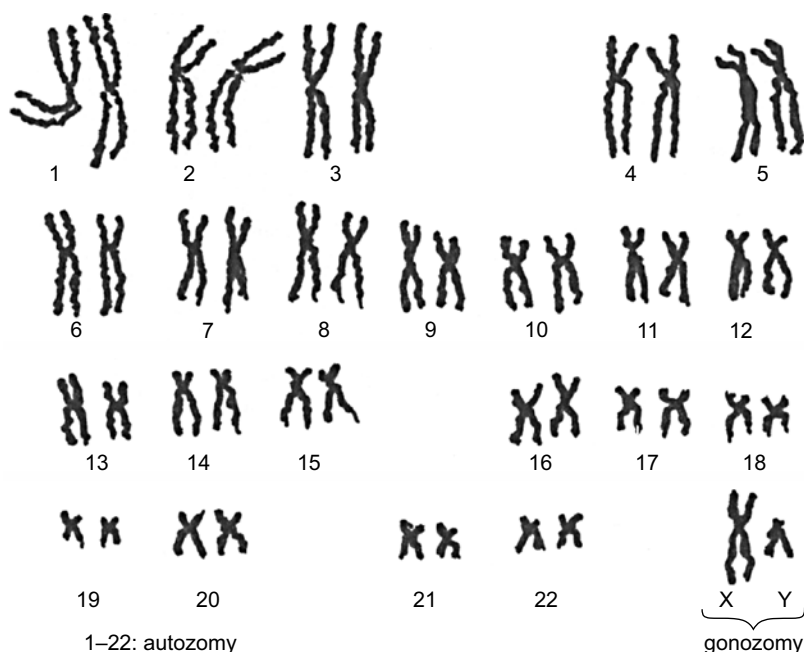
Zcela zásadní role buněčného jádra spočívá v tom, že obsahuje **genetickou informaci**. Jaderná DNA spolu s bílkoviny tvoří **chromatin**. Při dělení buňky se chromatin organizuje do podoby **chromozomů**. Jelikož dědíme polovinu jaderné genetické informace (jednu sadu) od matky a polovinu od otce (druhou sadu), obsahují jádra všech buněk našeho těla (s výjimkou pohlavních buněk – vajíček a spermií) vždy dvě sady chromozomů (tedy 23 + 23 chromozomů). Tomuto počtu říkáme **diploidní** (z řeckého slova *diplūs* – dvojitý, zdvojený, duplicitní).

V pohlavních buňkách dochází během redukčního dělení (meiózy) k redukci jaderné genetické informace na polovinu – hovoříme o **haploidním počtu** (z řeckého *haplūs* – jednoduchý). Splynutím vajíčka a spermie tak vzniká nový jedinec, který má opět kompletní (diploidní) počet chromozomů.

V době dělení buňky dochází ke zdvojení DNA, jejíž vlákno se následně složitě prostorově organizuje (mnohonásobně se stáčí a skládá) tak, že chromozomy jsou patrné i ve světelném mikroskopu. Rozlišujeme přitom:

- **autozomy**, kterých je v diploidních buňkách 22 párů, v pohlavních buňkách polovina – tedy 22 ks;
- **gonozomy** (pohlavní chromozomy), které existují ve dvou verzích označovaných jako chromozom X a chromozom Y. Přitom kombinace XX představuje u člověka genetické pohlaví ženské, kombinace XY mužské.

Ženská **vajíčka** obsahují vždy gonozom X (ani není jiná možnost – vajíčka vznikají z mateřské buňky, která nese kombinaci gonozomů XX). Vedle toho **spermie** mohou obsahovat gonozom X nebo Y (vznikají z mateřské buňky s kombinací gonozomů XY). O genetickém pohlaví potomka tak vždy rozhoduje mužská spermie.



Obr. 2.22 Chromozomy člověka

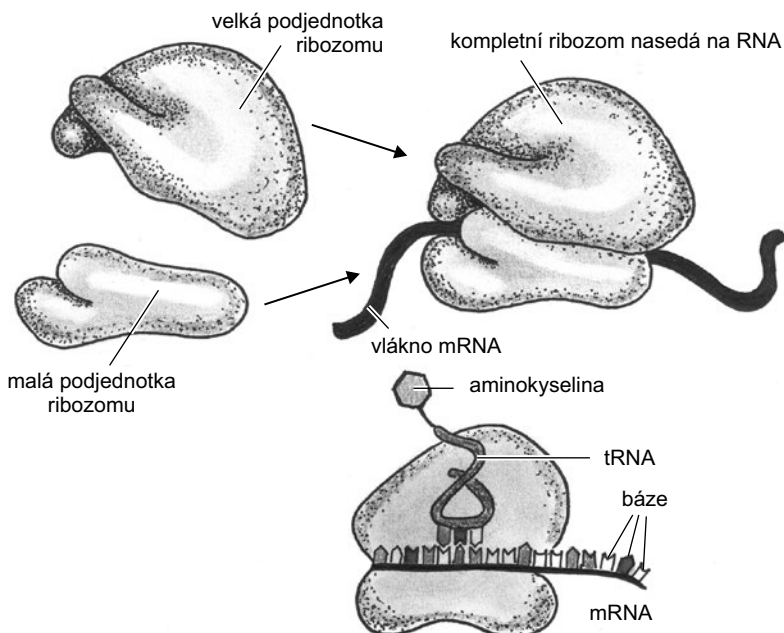
Součástí jádra je **jadérko** (*nucleolus*), ve kterém je skladována ribonukleová kyselina (RNA), vzniklá podle vzoru DNA.

Jeden z typů ribonukleové kyseliny – ribozomální RNA (rRNA) dává po spojení s bílkovinami vznik ribozomům, což jsou buněčné orgány odpovědné za vznik bílkovin (viz dále).

2.2.3 Ribozomy

Ribozomy jsou drobné hrudkovité orgány složené ze **dvou podjednotek** (menší a větší). Z biochemického hlediska tvoří hmotu ribozomu ribonukleová kyselina a bílkoviny. V cytoplasmě jsou ribozomy uloženy volně nebo nasedají na vnější stranu membrány endoplazmatického retikula (kterému pak říkáme drsné).

Hlavní funkcí ribozomů je **proteosyntéza** (tvorba bílkovin). Ribozom se při ní připojuje k vlákně RNA a posunuje se po něm. Vždy „přečte“ trojici nukleotidů (triplet) a k této trojici přiřadí určitou aminokyselinu do vznikajícího řetězce bílkoviny. Jakmile ribozom napojí příslušnou aminokyselinu pomocí peptidové vazby, posune se po vlákně RNA dál a přečte další triplet. Takovým způsobem je podle informace, která je zapsána ve vzorové RNA, postupně vytvářen řetězec bílkoviny tvořený z aminokyselin.



Obr. 2.23 Ribozomy a jejich funkce

Existence obrovského množství rozličných bílkovin různé velikosti, tvaru a vlastností je dána stejně velkým počtem rozmanitých vláken RNA, které kombinací svých tripletů kódují různorodé pořadí aminokyselin v řetězci bílkoviny.

2.2.4 Mitochondrie

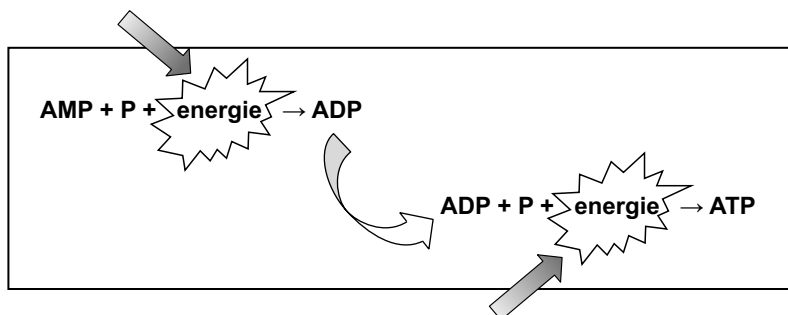
Mitochondrie je organelou oválně protáhlého tvaru. Patří mezi **membránové organely** – je ohraničena membránou, která je dvojitá: vnější část je hladká, vnitřní část je zřasena do záhybů (mitochondriálních krist). Vnitřní prostor mitochondrie se nazývá mitochondriální matrix.

Zřasení vnitřní membrány je účelné – zvětšuje plochu, na které jsou ukotveny zejména oxido-redukční enzymy nezbytné pro plnění funkcí mitochondrie.

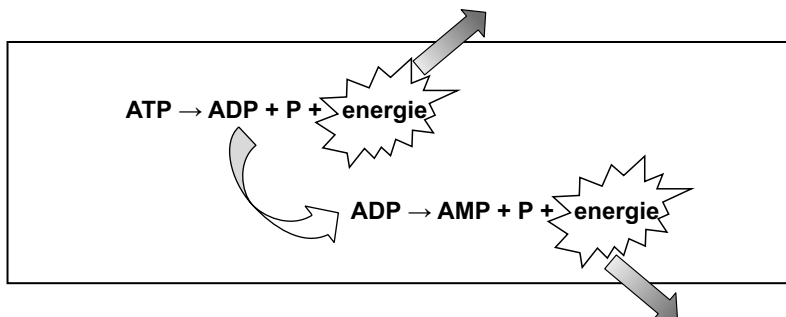
Mitochondrie hraje zásadní roli jako **energetické centrum buňky**. Oxidací živin (zejména glukózy) zde dochází k uvolňování energie. Ta je následně skladována v molekule **adenozintrifosfátu (ATP)**, která vzniká z adenosinmonofosfátu (AMP) a adenosindifosfátu (ADP) připojením fosfátové skupiny (P). Jako malá molekula může ATP rychle pronikat do různých částí buňky jako jakýsi „mobilní zdroj energie“. Rozštěpením makroergické vazby molekuly ATP pomocí enzymů, kterým obecně říkáme ATP-ázy, dojde k rychlému uvolnění využitelné energie v místě potřeby.

Celý mechanismus štěpení cukrů (prioritně aerobně – za přítomnosti kyslíku) a tvorba ATP je ve skutečnosti velmi **složitou kaskádou na sebe navazujících reakcí**, při kterých dochází k řadě enzymatických dějů včetně přesunů elektronů. Podrobnosti jsou sice zajímavé, ale do našeho textu je nezařazujeme.

- Výsledné uskladnění energie do molekuly ATP probíhá podle chemických reakcí:

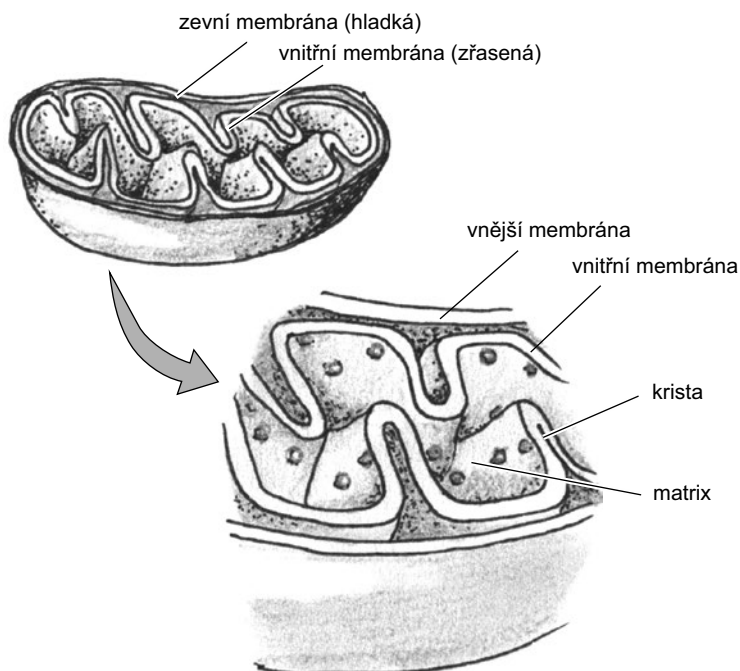


- Uvolnění energie z molekuly ATP probíhá díky ATP-ázám podle opačných chemických reakcí:



Uvolněná energie může být využita k různým pochodům v buňce. Část energie se přitom vždy přemění na teplo.

Poznámka: Adenosinmonofosfát má mimo jiné vazodilatační účinky (rozšiřuje cévy). Je to v daném kontextu velmi účelné: tam, kde je hojně spotřebovávána energie, vzniká více AMP, který podmní vazodilataci cév v dané oblasti. Rozšířené cévy následně přivedou více krve (a tedy i kyslíku a živin).



Obr. 2.24 Mitochondrie

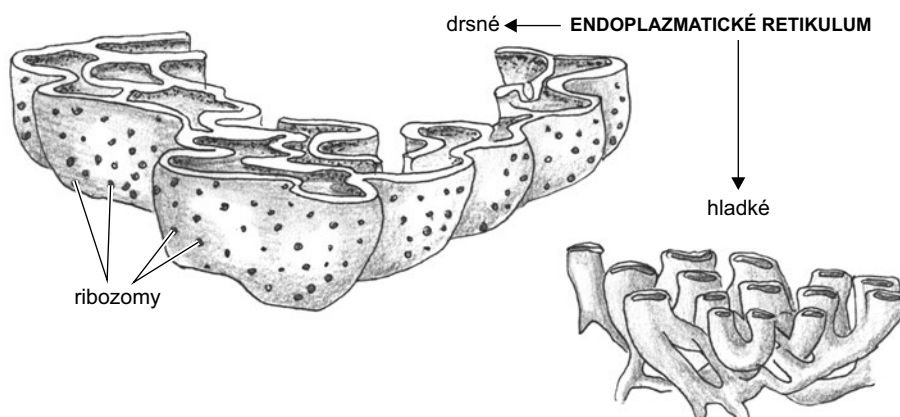
Mitochondrie mají řadu mimořádných vlastností. Jednou z nich je, že obsahují svoji vlastní nukleovou kyselinu – **mitochondriální DNA**, která je kruhová a představuje mimojadernou genetickou informaci. Jelikož při oplození se ze spermie uplatní *de facto* pouze jádro, zdědili jsme mitochondriální DNA pouze od matky.

2.2.5 Endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát a lyzozomy

Endoplazmatické retikulum a Golgiho [čti goldžiho] aparát jsou dalšími membránovými organelami buňky. Jejich stěnu tvoří jedna membrána, která vymezuje systém váčků. Lyzozomy mají podobu malých kulovitých měchýřků.

Měchýřky **ENDOPLAZMATICKÉHO RETIKULA** jsou navzájem propojené. Vytvářejí tak složitě členitý prostor ohraničený membránou, která navazuje na vnější membránu buněčného jádra. Hlavní funkcí endoplazmatického retikula jsou **metabolické děje** – dalo by se říci, že je to hlavní „chemická továrna“ buňky. Dochází zde k ohromnému množství různých biochemických reakcí, vzniká nově řada látek, jiné jsou modifikovány – například jsou tady upravovány proteiny vytvořené v surové podobě na ribozomech. To platí zejména pro **drsné endoplazmatické retikulum**, které má na svém povrchu navázané ribozomy.

Hladké endoplazmatické retikulum (bez navázaných ribozomů) slouží především k detoxikaci, probíhají zde děje spojené s metabolismem cukrů, mastných kyselin a steroidních látek. Funguje navíc také jako významná nitrobuněčná zásobárna vápenatých iontů (Ca^{2+}).



Obr. 2.25 Endoplazmatické retikulum