

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH

Lekárska fakulta

Ústav histológie a embryológie



Základy histológie

Štefan Tóth a kol.

Košice 2025

Publikácia bola vypracovaná v rámci riešenia projektu KEGA č. 008UPJŠ-4/2024.

Základy histológie

Učebnica pre vysoké školy

Autori:

doc. MUDr. Štefan Tóth, PhD.

prof. MUDr. Eva Mechírová, CSc.

MVDr. Zuzana Fagová, PhD.

RNDr. Kristína Čurgali, PhD.

MVDr. Viera Eliášová

MVDr. Monika Holodová, PhD.

MUDr. Alexandra Kunová

MVDr. Katarína Hájovská, PhD.

Ústav histológie a embryológie, Lekárska fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Recenzenti:

doc. RNDr. Marianna Danková, PhD.

Ústav histológie a embryológie, Lekárska fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava

doc. RNDr. Mária Kovalská, PhD.

Ústav histológie a embryológie, Jesseniova lekárska fakulta Univerzity Komenského, Martin

Tento text je publikovaný pod licenciou Creative Commons 4.0 license - CC BY-NC-SA ("Attribution-NonCommercial-ShareAlike").



Za odbornú a jazykovú stránku tejto publikácie zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 18.12.2025

DOI: <https://doi.org/10.33542/ZHI-0487-3>

ISBN 978-80-574-0487-3 (e-publikácia)

Obsah

1 Definícia histológie a jej aplikované vedné disciplíny (E. Mechírová)	6
1.1 Základná charakteristika histológie v oblasti medicíny	6
1.2 Cesty histologického bádania	6
1.3 Stručný prehľad histórie histológie	7
2 Cytomorfológia (Š. Tóth)	10
2.1 Základná morfológická charakteristika bunky a jej súčastí	10
2.2 Veľkosť buniek	10
2.3 Tvar buniek	10
2.4 Metódy cytologického výskumu	11
2.5 Základná cytomorfológia buniek	12
2.5.1 Biologické membrány (biomembrány)	12
2.5.2 Bunkové jadro	13
2.5.3 Bunkové organely	14
2.5.4 Bunkové inklúzie (paraplazma)	18
2.6 Povrchové štruktúry buniek	19
2.6.1 Mikroklky	19
2.6.2 Stereocílie	19
2.6.3 Kinocílie	20
2.6.4 Bičíky	20
2.6.5 Pseudopódie	20
2.7 Základy funkčnej cytomorfológie	21
2.7.1 Mladé, diferencujúce sa bunky (nediferencované bunky)	21
2.7.2 Bunky syntetizujúce proteíny	22
2.7.4 Bunky syntetizujúce biogénne amíny a polypeptidy	23
2.7.5 Bunky syntetizujúce steroidy	24
2.7.6 Bunky syntetizujúce hlien	24
2.7.7 Bunky transportujúce ióny	25
3 Všeobecná histológia (Š. Tóth)	27
4 Epitelové tkanivo (M. Holodová)	28
4.1 Krycie epitely	28
4.1.1 Jednovrstvové epitely	29
4.1.2 Viacradové epitely	31
4.1.3 Viacvrstvové epitely	32
4.2 Žľazový epitel	34
4.2.1 Exokrinné žľazy (žľazy s vonkajším vylučovaním)	35
4.2.2 Endokrinné žľazy (žľazy s vnútorným vylučovaním)	36
5 Spojivé tkanivo (K. Čurgali, V. Eliášová, Z. Fagová)	38
5.1 Všeobecná charakteristika spojív (K. Čurgali)	38
5.2 Vázivové tkanivo (K. Čurgali)	38
5.2.2 Bunky väziva	39

5.2.3 Vlákniťa zložka medzibunkovej hmoty.....	4141
5.2.4 Amorfná zložka medzibunkovej hmoty.....	42
5.2.4 Typy väziva	42
5.3 Chrupka (V. Eliášová)	45
5.3.1 Všeobecná charakteristika chrupky.....	45
5.3.2 Hyalínová chrupka	46
5.3.3 Elastická chrupka.....	47
5.3.4 Väzivová chrupka.....	48
5.4 Kostné tkanivo (Z. Fagová)	50
5.4.1 Všeobecná charakteristika kostného tkaniva	50
5.4.2 Histologické spracovanie kostného tkaniva.....	50
5.4.3 Mikroskopická štruktúra kostného tkaniva.....	50
5.4.4 Klasifikácia kostného tkaniva	52
5.4.5 Periost.....	55
5.4.6 Endost.....	55
6 Krv (K. Hajovská)	57
6.1 Formované krvné elementy	58
6.1.1 Červené krvinky (erytrocyty).....	58
6.1.2 Biele krvinky (leukocyty).....	59
6.1.3 Krvné doštičky (trombocyty).....	62
7 Svalové tkanivo (A. Kunová).....	63
7.1 Priečne pruhovaná kostrová svalovina.....	63
7.1.1 Svetelno-mikroskopická štruktúra svalového vlákna	64
7.1.2 Stavba kostrového svalu ako orgánu	65
7.1.3 Neuromuskulárna platnička.....	66
7.1.4 Regenerácia priečne pruhovanej kostrovej svaloviny	66
7.2 Priečne pruhovaná srdcová svalovina.....	66
7.2.1 Svetelno-mikroskopická štruktúra kardiomyocytu	67
7.2.2 Regenerácia srdcovej svaloviny.....	67
7.3 Hladké svalové tkanivo.....	68
7.3.1 Svetelno-mikroskopická štruktúra hladkej svalovej bunky.....	68
7.3.2 Regenerácia hladkého svalového tkaniva.....	69
8 Nervové tkanivo (E. Mechírová)	71
8.1 Všeobecná stavba nervového tkaniva.....	71
8.1.1 Nervové bunky (neuróny).....	71
8.1.2 Klasifikácia nervových buniek	73
8.1.3 Synapsy	74
8.2 Gliové bunky (neuroglia)	75

Predslov

Po niekoľkoročných pedagogických skúsenostiach s výučbou povinného predmetu histológie a histologickej techniky sa ukázala nevyhnutnosť potreba spresniť, zjednotiť a uľahčiť štúdium študentov bakalárskych smerov. Rozhodli sme sa preto vypracovať vysokoškolské učebné texty pre teóriu výučby všeobecnej histológie v bakalárskych smeroch: Laboratórne vyšetrovacie metódy v zdravotníctve, Fyzioterapia a Ošetrovateľstvo. Nové predkladané učebné texty sú spracované na základe učebných osnov pre predmet „Histológia a patológia“ a „Základy histológie“ pre dané študijné programy. Obsah je spracovaný tak, aby maximálne uľahčil štúdium histológie a pomohol poslucháčom rýchlo sa zorientovať v danej téme. Súčasne majú predkladané texty cieľ zefektívniť spoluprácu študentov a učiteľov v rámci prednášok a praktických cvičení, zdôrazňujú dôležité štruktúry jednotlivých typov buniek a tkanív v obraze svetelného mikroskopu, čo je primárnym cieľom a úlohou všeobecnej histológie.

Autori ďakujú obom recenzentkám za dôslednú korektúru po odbornej aj gramatickej stránke, grantovej agentúre KEGA za možnosť prípravy a spracovania učebných textov v rámci projektu č. 008UPJŠ-4/2024. Autori súčasne s vďakou príjmu akékoľvek pripomienky k textu zo strany poslucháčov, čitateľov. Poslúžia k zvýšeniu úrovne textu pri prípadnom ďalšom vydaní učebnice.

Košice, 2025

Autori

1 Definícia histológie a jej aplikované vedné disciplíny

1.1 Základná charakteristika histológie v oblasti medicíny

Histológia (náuka o tkanivách) je vedná disciplína, ktorá sa zaoberá mikroskopickou stavbou (štruktúrou) tkanív, orgánov živých organizmov a rastlín.

Histológia zameraná na človeka predstavuje spolu s makroskopickou anatómiou, fyziológiou a biochémiou, významný teoretický základ medicíny. Histológia je rozdelená na normálnu (fyziologickú) histológiu a patologickú (histopatológia). Vzhľadom na to, že je živočíšna histológia veľmi rozsiahla, bola exaktne rozdelená na náuku o živej hmote – **plazmatológiu**, na náuku o stavbe bunky – **cytológiu**, na náuku o stavbe tkanív – **histológiu** v pravom slova zmysle a na náuku o mikroskopickej stavbe orgánov – **mikroskopickú anatómiu**.

1. **Plazmatológia** predstavuje hranicu medzi histológiou a biológiou a na opis používa nie len vizuálne histologické zobrazovacie metódy, ale hlavne fyzikálne a chemické metódy.
2. **Cytológia** skúma do najmenších detailov stavbu **bunky** v svetelnom aj elektrónovom mikroskope.
3. **Histológia v pravom slova zmysle** je náuka o mikroskopickej stavbe jednotlivých druhov **tkanív**.
4. **Mikroskopická anatómia** študuje a opisuje stavbu jednotlivých **orgánov** ľudského organizmu.

1.2 Cesty histologického bádania

Histológia je pomerne rozsiahla vedná disciplína a podľa účelu použitia a ďalších upresňujúcich kritérií je možné ju charakterizovať ako vedu diagnostickú, experimentálnu, popisnú a porovnávaciu, alebo určenú na pedagogické účely.

Diagnostická histológia (na oddeleniach patológie) so svojimi histologicko-diagnostickými metódami je určená na stanovenie alebo upresnenie klinickej diagnózy, ktorá má zásadný význam pre ďalšiu terapiu pacienta.

Experimentálna histológia sa väčšinou realizuje v laboratóriách na experimentálnych zvieratách a posúva výskum v danej oblasti experimentálnej histológie dopredu. Široké pole výskumu poskytujú najmä tkanivové kultúry, histochemia a imunohistochemia.

Opisná (deskriptívna) histológia sa zaoberá opisom mikroskopickej stavby histologických štruktúr. Z praxe je známe, že výlučne opisná histológia neexistuje, pretože vedci sa súčasne snažia zistiť, aký význam má daná štruktúra a aká je jej funkcia.

Porovnávacia (komparatívna) histológia značnou mierou prispieva k porozumeniu histologických štruktúr pri porovnávaní s primitívnejšími nižšími živočíchmi a tak prispieva k hlbšiemu poznaniu a vysvetleniu týchto štruktúr, ich funkcie a stavebného plánu počas ich fylogenetického vývoja.

Pedagogická histológia je určená na vzdelávanie študentov a poslucháčov humánnej a veterinárnej medicíny, farmácie, prírodných vied a zdravotných laborantiek.

Klinická medicína široko využíva histologické, diagnostické metódy na stanovenie správnej diagnózy (napr. odber a spracovanie bioptického materiálu). K správne pochopeniu a správnej interpretácii laboratórnych výsledkov sú nevyhnutné adekvátne vedomosti o histologickej stavbe jednotlivých tkanív a orgánov. Histologická nomenklatura a termíny sa používajú aj v ďalších medicínskych odboroch ako je embryológia, fyziológia, patologická anatomia a patologická fyziológia. Z klinických odborov je to hlavne interná medicína, onkológia, chirurgia, gynekológia a hematológia.

1.3 Stručný prehľad histórie histológie

K technickým objavom, ktoré revolučným spôsobom zasiahli do vývoja odboru histológie a celkovo aj do vývoja lekárskeho poznávania, patrí svetelný mikroskop. Tento jednoduchý prístroj zostrojili okolo roku 1590 dvaja optici, otec a syn, Holanďania, **Zacharias a Johanes Janssenovci**. Za priekopníka svetelnej mikroskopie a jej použitia na pozorovanie biologických objektov sa však pokladá holandský prírodovedec **Anthony van Leeuwenhoek**. Ako prvý pozoroval pod mikroskopom baktérie, krvinky a spermie a počas svojho života zostrojil okolo 400 mikroskopov, ktoré stále viac zdokonaľoval. Výsledky svojich pozorovaní v podobe listov, posielal Kráľovskej spoločnosti v Londýne, ktorá ich uverejňovala a napriek tomu, že nemal adekvátne vzdelanie (neovládal latinčinu), ho zvolila za svojho riadneho člena. Roku 1680 ho zvolila za svojho člena aj Akadémia vied v Paríži.

Bunku však prvýkrát opísal Angličan **Robert Hooke**, ktorý ako prvý použil názov „**cella**“ – komôrka – bunka, pri opisovaní štruktúry korku. Mikroskop sa začal stále vo väčšej miere používať pri skúmaní tkanív ľudského tela. Objavy, ktoré sa pritom získali, pomohli vytvoriť novú, základnú lekársku vedu – mikroskopickú anatómiu. Priekopníkom mikroskopickej anatómie sa stal **Marcello Malpighi**, profesor anatómie v Bologni a Ríme, ktorý v mikroskope pozoroval vývin kuracieho embrya.

V roku 1841 patológ **Jacob Henle**, zaviedol do praxe dodnes používanú klasifikáciu štyroch typov tkanív (epitelové, spojivé, svalové, nervové).

Mikroskopické štúdie intenzívne pokračovali aj v priebehu 19. storočia, pričom k najväčším objavom tej doby patrí **bunková teória**. Český vedec **Jan Evangelista Purkyně** (1787 – 1896), profesor na Fyziologickom ústave v Prahe, ako prvý poukázal na to, že všetky živočíšne tkanivá a rastlinné pletivá sa skladajú z buniek. Bunky pokladal za zrníčka s obsahom jadra a opísal niekoľko druhov buniek, ktoré sú po ňom pomenované – Purkyňove bunky v mozočku a v myokarde Purkyňove vlákna prevodového systému srdca. Spoločne s ním aj botanik **Jakob Schleiden** definoval bunku, ktorú pokladal za základ existencie živých organizmov v diele „Beiträge zur Phytogenesis“ v roku 1838. V tom istom čase sa stretol so zoológom **Friedrichom Theodorom Schwannom**, ktorý o rok neskôr vydal spis, v ktorom prvýkrát jasne formuloval bunkovú teóriu. Tieto osobnosti a ich diela pomohli Schleidenovi

a Schwannovi, zakladateľom bunkovej teórie, vytvoriť základy cytológie a histológie. Prispelo k tomu aj použitie kombinácie dvoch farbív – hematoxylínu a eozínu (Wissowzky A., 1876), ktoré sú aj v súčasnosti najčastejšie používanými farbivami v histologickej technike.

S rastúcimi nárokmi na mikroskopickú techniku a na množstvo mikroskopicko-anatomických poznatkov sa v 19. storočí postupne diferencovali:

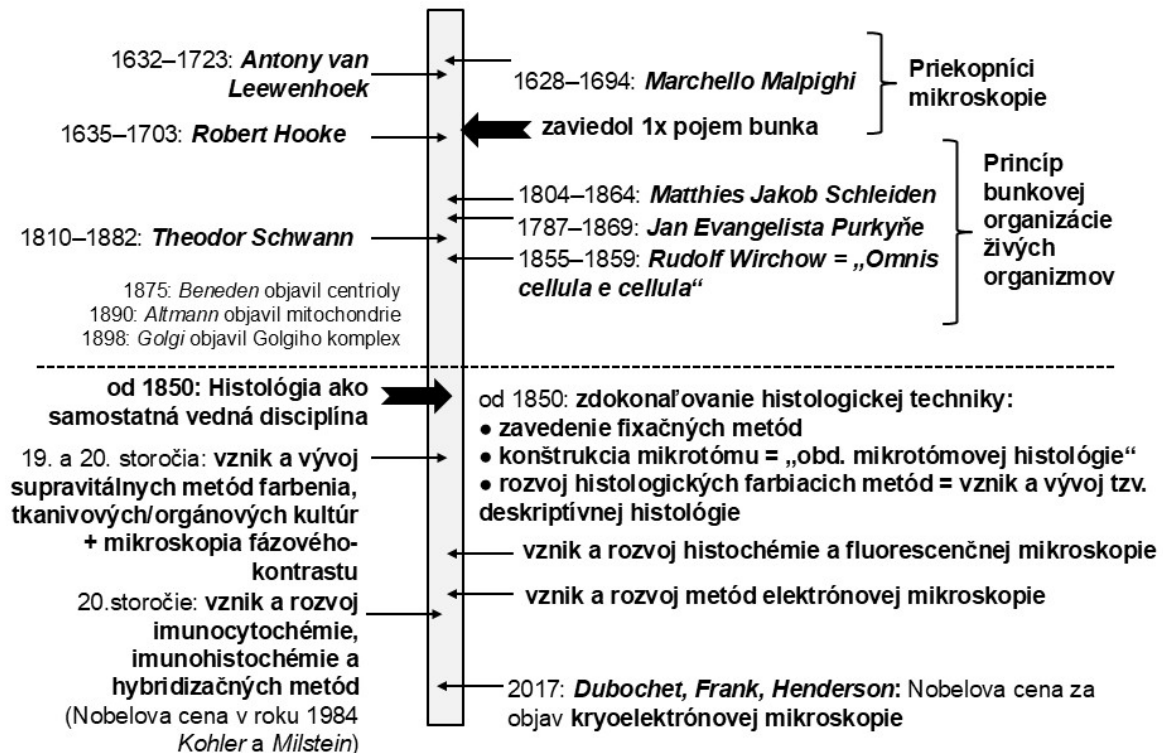
a) **cytológia** – náuka o bunke,

b) **histológia** – náuka o tkanivách,

c) **mikroskopická anatómia** – náuka o mikroskopickej štruktúre orgánov.

Rozvoj modernej cytológie možno datovať od obdobia objavenia jednotlivých bunkových organel. **Carl Benda** v roku 1898 prvýkrát opísal mitochondrie ako konštantnú súčasť cytoplazmy buniek. V tom istom roku **Camillo Golgi** opísal novú bunkovú organelu v nervových bunkách – *apparato reticolare interno*, ktorý v roku 1908 **Ramon y Cajal** premenoval na Golgiho aparát podľa jeho objaviteľa. V prvých desaťročiach 20. storočia sa cytológia, histológia a mikroskopická anatómia zavedením nových metód spracovania, prudko rozvíjala.

Stručný prehľad historických medzníkov histológie



Obr. 1 Časový prehľad dôležitých historických medzníkov histológie (Tóth, 2025)

V roku 1932 v USA **Max Knoll a Ernst Ruska** skonštruovali prvý **elektrónový mikroskop**. **Porter, Sjöstrand a Palade** položili základy **ultramikrotómie** – metódy zhotovovania ultratenkých rezov pre elektrónovú mikroskopiu. Elektrónová mikroskopia sa stala veľmi dôležitou metódou na výskum ultraštruktúry buniek. Napriek tomu nám v súčasnosti prináša málo informácií o ich funkcii. Na získanie dynamického a exaktného pohľadu na morfológiu jednotlivých buniek, tkanív a orgánov, sú dôležité ďalšie vyšetrenia, ktorými sa získajú poznatky z cytofyziológie a biochémie. Na konci 20. a začiatku 21. storočia nastal rozmach a rozvoj metód svetelnej aj elektrónovej mikroskopie, zaviedli sa autorádiografické vyšetrenia, histochemické a imunohistochemické metódy a metódy kryoelektrónovej mikroskopie, za ktorú získali **Jacques Dubochet, Joachim Frank a Richard Henderson** v roku 2017 Nobelovu cenu.

Tento postupný rozvoj histológie bol uskutočnený vďaka technickému pokroku v konštrukcii mikroskopov a mikrotómov a hlavne, vďaka rozvoju a zdokonaleniu techniky spracovania tkanív pre potreby svetelnej mikroskopie. Histológia tak tvorila a v súčasnosti naďalej tvorí základ modernej medicíny.

Otázky:

1. *Definuj histológiu a uveď jej medicínsky významné aplikované vedné disciplíny.*
2. *Aká je história svetelnej mikroskopie?*
3. *Kto, kedy a kde objavil Golgiho aparát?*
4. *Kto bol a čo objavil Jan Evangelista Purkyňe?*
5. *Aká je stručná história a medzníky elektrónovej mikroskopie?*

2 Cytomorfológia

2.1 Základná morfológická charakteristika bunky a jej súčastí

Cytológia (gréč. **cytos** = bunka; lat. **logos** = veda) je veda skúmajúca štruktúru a funkcie živých buniek – tvorí súčasť histológie. **Bunka je základná stavebná a funkčná jednotka tela živých organizmov, ktorá sa podieľa na stavbe tkanív.** Medzi jej súčasťami je rovnovážny, ale dynamický vzťah, prejavujúci sa navonok základnými životnými procesmi: látkovou premenou, rastom, rozmnožovaním a dráždivosťou. Živá hmota bunky – protoplazma je ohraničená bunkovou membránou. Tkanivá ľudského organizmu obsahujú viac ako **200 typov diferencovaných buniek**, ktoré sú funkčne špecializované. Eukaryotické bunky obsahujú jadro, ktoré je oddelené jadrovým obalom od cytoplazmy. V bunkovom jadre sa okrem nukleových kyselín vyskytujú históny. V cytoplazme sú prítomné membránou ohraničené a neohraničené organely. Väčšina typov buniek ľudského tela sa skladá z **bunkového jadra** obsahujúceho karyoplazmu a **cytoplazmy**. Ojedinele a na časovo obmedzenú dobu môžu v organizme existovať bunky bez jadier, napríklad zrelé červené krvinky.

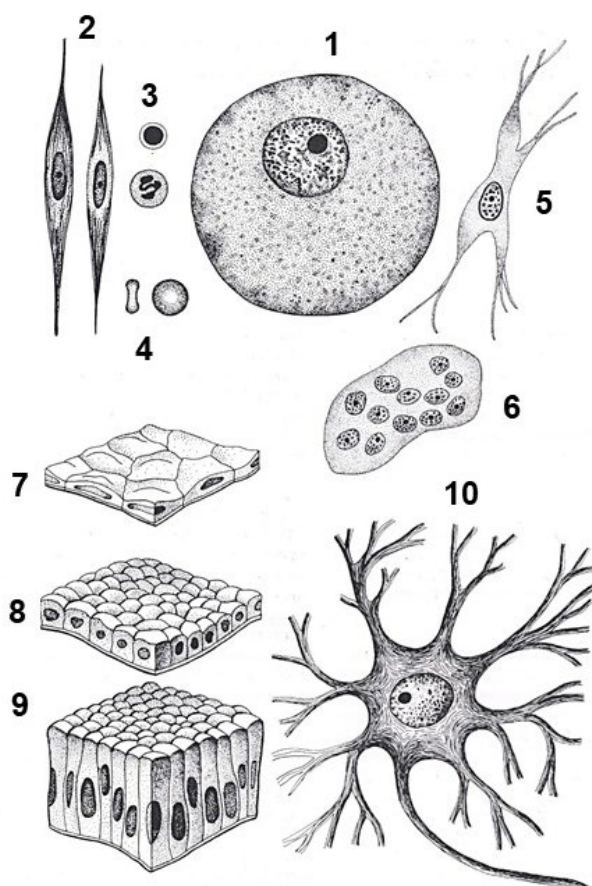
2.2 Veľkosť buniek

Veľkosť živočíšnych buniek je **variabilná**. **Priemerná veľkosť** (somatických) buniek ľudského tela je **10 – 20 µm**, to znamená, že ich môžeme pozorovať svetelným mikroskopom, ktorého **rozlišovacia schopnosť** je **0,2 µm**. **Najmenšie** bunky ľudského tela **majú veľkosť 4 – 6 µm** napr. zrnité bunky v kôre mozočka. **Najväčšie** bunky **majú veľkosť 100 – 200 µm** napr. motorické neuróny v predných rohoch miechy, ženské pohlavné bunky/gaméty – oocyty.

2.3 Tvar buniek

Tvar buniek je **rôznorodý** a **závisí od funkcie, stavu** bunky a od **prostredia**, v ktorom sa bunka nachádza. Môže sa meniť, čiže je **premenlivý**, alebo je **stály**. Aj tvar bunkového jadra zvyčajne závisí od tvaru bunky. Najčastejšie sa vyskytujúce tvary buniek v organizme človeka:

- a) okrúhly** – bunky v tekutom prostredí (leukocyty),
- b) plochý** – endotelové a mezotelové bunky,
- c) kubický** – povrchový epitel na povrchu vaječníka,
- d) cylindrický** – epitel žľčového mechúra a tenkého čreva,
- e) pohárikovitý** – hlien produkujúce bunky v epiteli tenkého čreva,
- f) hruškovitý** – Purkyňove bunky v kôre mozočka,
- g) hviezdicovitý** – multipolárne neuróny v mieche,
- h) vretenovitý** – hladké svalové bunky v stene žalúdka,
- i) pyramídovitý** – pyramídové bunky v kôre mozgu.



Obr. 2 Rôzne tvary a veľkosti buniek. 1 – oocyt, 2 – hladká svalová bunka, 3 – lymfocyt, neutrofilný granulocyt, 4 – erytrocyt, 5 – fibroblast, 6 – osteoklast/chondroklast, 7 – ploché/dlaždicovité epitelové bunky, 8 – kubické epitelové bunky, 9 – cylindrické epitelové bunky, 10 – nervová bunka (upravené podľa Kapeller a Strakele, 1999)

2.4 Metódy cytologického výskumu

V súčasnosti má cytológia mnohé aplikované vedné disciplíny, ktorý predstavujú najčastejšie prienik medzi príbuznými odbormi. Medzi moderné aplikované vedné disciplíny cytológie patrí: **cytopatológia**, **cytogenetika**, **tenkoihlová aspiračná cytológia**, **biochemická cytológia** a pod.

Základné typy cytologického vyšetrenia:

- a) nátery,
- b) **cytospin** – riedený tenkoihlový aspirát solídnej lézie alebo zahustený obsah cysty,
- c) **cytoblok** – preparovaný aspirát solídnej lézie, koncentrovaný a zrazený obsah cysty.

Základné spôsoby pozorovania buniek:

- a) **vitálne farbenie**,
- b) **rýchle** (roztery a roztlaky) a **trvalé histologické preparáty**.

Vitálne farbiace metódy využívajú **vitálne farbivá** (napr. **neutrálna červená**, **Janusova zeleň B**, **metylénová modrá**).

Je možné rozlíšiť **3 základné spôsoby vitálneho farbenia**:

- a) intravitálne farbenie** – farbenie nepoškodených živých buniek,
- b) supravitálne farbenie** – farbenie prežívajúcich vopred vypreparovaných buniek,
- c) postvitálne farbenie** – farbenie postupne odumierajúcich buniek.

Medzi **špeciálne cytologické laboratórne farbiace metódy** patria napr. impregnácia (Golgiho komplex), Heidenhainov železitý hematoxylín (mitochondrie), Sudan (lipidové kvapôčky), histochemická PAS-reakcia podľa McManusa (glykoproteíny a glykolipidy), Alciánová modrá (kyslé glykozaminoglykány).

2.5 Základná cytomorfológia buniek

Základné cytomorfologické komponenty bunky predstavuje:

- a) bunkové jadro** – obsahuje **karyoplazmu**,
- b) cytoplazma** – pozostáva z **cytoplazmatického matrixu** (= **hyaloplazma** – základná cytoplazma), ktorý obsahuje **bunkové organely**, čiže organizované štruktúry bunky so špecifickou funkciou a **bunkové inklúzie** (= **paraplazma**), ktoré predstavujú dočasné komponenty bunky. Súbor všetkých vláknitých štruktúr v bunke sa označuje ako **metaplazma**.

Bunky sú ohraničené **bunkovou membránou** (**plasmalemma**).

Bunkové organely sú špecializované štruktúry bunky, ktoré majú špecifickú a presne vymedzenú funkciu prípadne funkcie. Podľa prítomnosti príp. neprítomnosti ohraničujúcej membrány sa delia na:

- a) membránou ohraničené**: mitochondrie, endoplazmatické retikulum, Golgiho komplex/aparát, lyzozómy, peroxizómy,
- b) membránou neohraničené**: ribozómy, centrioly, elementy cytoskeletu.

2.5.1 Biologické membrány (biomembrány)

Bunky predstavujú otvorený systém, ktorý je od vonkajšieho prostredia ohraničený obalom, ale zároveň s ním úzko komunikuje. Týmto obalom je **biologická membrána** – **biomembrána**. Všeobecný termín zahŕňajúci všetky biomembrány bunky je tzv. **membránová jednotka**. Biomembrány sa delia na **vonkajšie** (extracelulárne) a **vnútrobunkové** (intracelulárne). Predstavujú veľmi dôležitú zložku buniek a priamo sa zúčastňujú na mnohých životných procesoch bunky. Biomembrány tvoria:

- a) vonkajšie ohraničenie bunky** = **bunková membrána** (**plasmalemma**),
- b) ohraničenie bunkového jadra** = **karyolemma**,
- c) súčasť membránou ohraničených bunkových organel.**

Medzi základné funkcie biomembrán patrí: **stavebná funkcia** – udržiava osmotickú a iónovú rovnováhu; **separácia** extracelulárneho a intracelulárneho priestoru bunky; **prenos látok a informácií** (endocytóza, exocytóza); **vznik elektrického potenciálu** a **medzibunková komunikácia**. Veľmi zaujímavé sú aj mechanické vlastnosti

biomembrán. V závislosti od rastu a tvaru bunky membrána zväčšuje svoj povrch pridaním nových membránových zložiek bez straty celistvosti a môže sa deformovať bez toho, aby sa morfológicky poškodila.

Štruktúra a chemické zloženie biomembrán

Biomembrány po chemickej stránke pozostávajú z **35 % lipidov**, **60 % proteínov** a **5 % sacharidov**. Ich vzájomné zastúpenie je u rôznych druhov buniek **variabilné**. Jej **hrúbka** sa pohybuje v rozmedzí **7,5 – 10 nm** a je veľmi tenká, aby ju bolo možné pozorovať v svetelnom mikroskope. Biomembrána má ultraštruktúrne v obraze elektrónového mikroskopu **trilaminárnu** (trojvrstvovú) **štruktúru**. V súčasnosti platí tzv. **Model tekutej mozaiky** (Fluid mosaic model). Tento model podľa Singera a Nicolsona (1972) sa v súčasnosti považuje za najpravdepodobnejší. Biomembrány predstavujú mimoriadne dynamické štruktúry. Po chemickej stránke je základom biomembrány **bimolekulárna vrstva fosfolipidov**. Vrstvu fosfolipidov tvoria **hydrofilné globulárne polárne časti** pripojené k **nepolárnym hydrofóbnym reťazcom mastných kyselín a cholesterolu**. Cholesterol znižuje tekutosť biomembrán a má dôležité zastúpenie v biomembránach živočíšnych buniek.

Ďalšou chemickou zložkou biomembrán sú **proteíny**, ktoré sa rozdeľujú na:

a) periférne proteíny,

b) integrálne proteíny – nepenetrujúce a penetrujúce.

Podľa funkcie sa delia na transportné proteíny, receptorové proteíny a molekuly enzýmov.

Ďalšou zložkou biomembrány sú **sacharidy**. Vyskytujú sa vo forme sacharidových reťazcov naviazané na **lipidy** a tvoria **glykolipidy** alebo na **proteíny** a tvoria **glykoproteíny**, ktoré fungujú ako **membránové receptory**. Vrstva glykolipidov a glykoproteínov na vonkajšom povrchu bunkovej membrány tvorí **glykokalyx**. Glykokalyx je rozpoznávacím zariadením bunky a zároveň chráni povrch bunky pred mechanickým a chemickým poškodením. Súčasťou biomembrán sú aj rôzne **katióny** (napr. Ca^{2+}) a **voda**.

2.5.2 Bunkové jadro

Bunkové jadro (lat. *nucleus*; gr. *karyon*) obsahuje informácie nevyhnutné pre život bunky a pre rozmnožovanie bunky. Riadi a koordinuje všetky životné prejavy bunky. Na povrchu jadra je vytvorený **jadrový obal** (**karyolemma**), ktorý tvoria 2 paralelné biomembrány (vonkajšia a vnútorná) oddelené priestorom – **perinukleárna cisterna**. **Jadrové póry** (nukleopóry) predstavujú otvory s približne kruhovitým alebo osemuholníkovým tvarom v miestach splynutia vnútornej a vonkajšej biomembrány. Jadro obsahuje **chromatín**, ktorý je zložený z vláknitých molekúl DNA, bázických proteínov – **histónov** a ďalších **nehistónových proteínov**. Jadrový chromatín sa

môže vyskytovať v **2 základných formách**, ktoré sa líšia vzhľadom v mikroskope, štruktúrou a funkciou:

a) heterochromatín (kondenzovaný chromatín) – tmavo bazofilne sa farbiaca časť (bazofilné zhluky nukleoproteínov); neaktívna forma,

b) euchromatín (dekondenzovaný chromatín) – svetlo bazofilne ofarbené miesta; vysoká transkripčná aktivita.

Osobitnou formou heterochromatínu je **sex-chromatín (pohlavný chromatín)**. Je prítomný iba u ženského pohlavia v blízkosti jadrového obalu. Mikroskopicky je viditeľný v jadrách epitelových buniek výteru sliznice ústnej dutiny alebo v neutrofilných granulocytoch v krvnom náteri, kde sa nachádza ako prívesok jadra v podobe paličky na bubon tzv. **Barrovo teliesko**, ktoré reprezentuje druhý geneticky inaktívny chromozóm X.

Funkciou jadrového chromatínu je syntéza prekursorov RNA. V bunkovom jadre je prítomné **jadierko (nucleolus)** – intenzívne bazofilná štruktúra bez ohraničujúcej biomembrány. Základnou funkciou jadierka je syntéza rRNA. Amorfnú časť bunkového jadra tvorí – **jadrový matrix**.

2.5.3 Bunkové organely

Mitochondrie

Mitochondrie patria medzi **membránou ohraničené bunkové organely**, ktoré sú konštantnou súčasťou všetkých živočíšnych buniek. Mitochondrie sú **autoreplikujúce sa organely** predstavujúce **metabolicko-energetické centrum bunky**, funkčne nazývané tiež ako „**bunkové elektrárne**“. Zabezpečujú transformáciu chemicky viazanej energie na energiu ľahko dostupnú pre bunku vo forme ATP. Veľkosť, počet a štruktúra mitochondrií je veľmi variabilná, závisí od typu buniek a metabolickej aktivity. Veľké množstvo mitochondrií je prítomné v cytoplazme buniek s intenzívnym metabolizmom (napr. pečenné bunky – hepatocyty obsahujú až 1000 mitochondrií, ktoré sú potrebné pre vysoký stupeň energetického metabolizmu).

V svetelnom mikroskope sú viditeľné po špeciálnom farbení (Janusova zeleň B) ako drobné zrníčka alebo tyčinky. Po bežnom histologickom farbení HE podmieňujú acidofilné/eozinofilné sfarbenie cytoplazmy. V elektrónovom mikroskope sú mitochondrie ohraničené 2 membránami – vonkajšou mitochondriálnou membránou a vnútornou mitochondriálnou membránou, ktorá vytvára hrebeňovité výbežky – mitochondriálne krísky a obsahuje enzýmy oxidatívnej fosforylácie a enzým ATP-ázu.

V mitochondriách je možné opísať **3 rôzne priestory**:

a) intermembránový priestor – lokalizovaný medzi 2 membránami,

b) intrakristálny priestor – lokalizovaný vo vnútri krísta,

c) interkristálny priestor – vyplnený **mitochondriálnym matrixom**, ktorý obsahuje malé množstvo DNA, mitoribozómy, enzýmy Krebsovho cyklu a β -oxidácie mastných kyselín.

V živočíšnych bunkách sa vyskytujú viaceré typy mitochondrií, najčastejšie sú to **mitochondrie kristálneho typu**. V bunkách syntetizujúcich steroidné látky sú však

prítomné **mitochondrie tubulárneho typu**, ktoré majú namiesto kríst vytvorené rôzne dlhé a rovné **mitochondriové trubičky**.

Mitochondrie obsahujú malé množstvo (asi 2%) vlastnej **extrachromozómovej DNA**, na základe čoho sú do istej miery geneticky autonómne – **semiautonómne** organely bunky.

Ribozómy

Ribozómy sú **membránou neohraničené bunkové organely** prítomné vo všetkých bunkách. Svoj názov získali podľa obsahu RNA. Ribozómy majú významnú úlohu pri tvorbe bielkovín – proteosyntéze; prebieha v nich translácia. Po chemickej stránke obsahujú najmä veľké množstvo rRNA (40 – 65 %) a zvyšnú časť tvoria bielkoviny (ribonukleoproteíny). Vzhľadom na obsah rRNA viažu katióny a bázické histologické farbivá. Intenzita bazofilie cytoplazmy je indikátorom množstva ribozómov v cytoplazme. Veľké množstvo ribozómov je prítomné v bunkách s vysokou proteosyntetickou aktivitou (napr. nervové bunky, serózne bunky slinných žliaz). Ribozómy sa nachádzajú najmä v cytoplazme, no môžu byť prítomné aj v bunkovom jadre a v mitochondriách (mitoribozómy). Ribozómy sú zreteľne viditeľné iba pri veľkom zväčšení pod elektrónovým mikroskopom. Biofyzikálne sú zložené z **2 podjednotiek** (subjednotiek) – **väčšia podjednotka** má guľovitý tvar a **menšia** ovoidný tvar s miernou konkavitou. Vyskytujú sa buď jednotlivo ako **voľné ribozómy (monozómy)** alebo v skupinkách vo forme **polyribozómov (polyzómov)** – zhluky/rozety 5 – 8 ribozómov naviazaných na molekulu mRNA. Voľné ribozómy slúžia na syntézu proteínov pre vlastnú potrebu bunky. Viazané ribozómy bývajú lokalizované na membrány granulovaného endoplazmatického retikula, pričom táto väzba je reverzibilná. Tieto ribozómy zodpovedajú predovšetkým za syntézu proteínov pre export.

Endoplazmatické retikulum

Endoplazmatické retikulum (ER) v bunke tvorí trojrozmerný kontinuálny, membránou ohraničený priestor vzájomne pospájaných paralelných cisterien a tubulov – intracelulárna sieť (*reticulum*). V bunkách rozoznávame 2 formy ER, pričom obe formy sú morfológicky a funkčne rozdielne:

a) granulované endoplazmatické retikulum (GER) jeho integrálnou súčasťou sú ribozómy,

b) hladké endoplazmatické retikulum (HER).

Granulované (zrnité, drsné) endoplazmatické retikulum

GER vytvára nepravidelnú sieť rozvetvených trubíc – tubulov, súvisiacich s plochými vakmi, cisternami, ktoré sa často združujú a vytvárajú paralelné lamelárne systémy. Na vonkajšom povrchu membrán sú pripojené ribozómy, ktoré zodpovedajú za výraznú bazofiliu cytoplazmy. GER je spojené s HER, komunikuje s perinukleárnou cisternou jadrového obalu alebo s bunkovou membránou a tak môže vyúsťovať na povrch bunky do extracelulárneho priestoru. Základnou funkciou ribozómov je proteosyntéza. Najlepšie diferencované GER sa nachádza v bunkách, ktoré

intenzívne syntetizujú proteíny na export – slúžia na mimobunkové použitie, napr. enzýmy a hormóny bielkovinovej povahy, imunoglobulíny. GER sa zúčastňuje aj syntézy bielkovín pre svoje vlastné biomembrány ako aj membrány Golgiho komplexu a lyzozómov.

Hladké (agranulované) endoplazmatické retikulum (HER)

HER predstavuje trojrozmernú sieť kanálikov a vakov rôzneho priemeru, bez ribozómov. Ploché cisterny sa vyskytujú iba zriedkavo. Je veľmi dobre vyvinuté v bunkách produkujúcich steroidné hormóny (napr. v bunkách pečene, kôry nadobličiek, Leydigových bunkách semenníka muža).

Medzi dôležité funkcie HER patrí:

- a)** syntéza lipidov (fosfolipidy a cholesterol určené na výstavbu biomembrán),
- b)** syntéza steroidných hormónov (testosterón, estrogény, kortikoidy),
- c)** syntéza a štiepenie glykogénu,
- d)** neutralizácia a detoxikácia rôznych látok,
- e)** transport látok (rezervoár Ca^{2+} iónov v kostrovej a srdcovej svalovine – sarkoplazmatické retikulum),
- f)** účasť na hromadení Cl^- iónov v krycích bunkách žalúdka pri tvorbe HCl.

Golgiho aparát/komplex

Golgiho aparát (GA) patrí medzi základné membránou ohraničené bunkové organely. Je prítomný takmer vo všetkých bunkách. Výrazný GA majú sekréčné bunky a neuróny. V neurónoch sa nachádza okolo jadra – **perinukleárne**. Základnou funkciou GA je spracovanie proteínov syntetizovaných v GER – **koncentrácia, postranslačná modifikácia a obaľovanie sekréčných produktov** bunky. GA je miestom triedenia a úpravy bielkovín; v jeho cisternách sa uskutočňuje **glykozylácia, fosforylácia, sulfatácia bielkovín a hydrolýza polysacharidov**. Stavba GA je variabilná a závislá na type a aktivite bunky. V svetelnom mikroskope sa javí ako sieť vlákien v blízkosti bunkového jadra viditeľná po impregnácii. GA je polarizovaná organela bunky, ktorá má 2 rôzne povrchy/póly, ktoré sa vzájomne líšia po morfolologickej aj funkčnej stránke:

- a) konvexný – cis** povrch/pól („nezrelý“),
- b) konkávny – trans** povrch/pól, maturačný ("zrelý").

V obraze elektrónového mikroskopu sa GA skladá z **3 rozdielnych oddielov**:

- a)** základ tvorí **3 – 10 plochých cisterien**,
- b)** malé **transportné vezikuly** na periférii,
- c)** niekoľko **väčších kondenzačných vezikúl**.

Lyzozómy

Lyzozómy sú špecializované membránou ohraničené bunkové organely. Obsahujú **hydrolytické enzýmy** (viac ako 40), ktoré sú syntetizované na ribozómoch GER, následne sú prechodom cez GA na povrchu ohraničené membránovou jednotkou. Membrána ohraničujúca lyzozómy je nepriepustná pre vnútorné enzýmy a je odolná

voči ich účinkom. Najčastejšie obsahujú kyslú fosfatázu, ribonukleázu, proteázu, lipázu, hyaluronidázu a pod. Povaha a aktivita lyzozómov sa líši a závisí na type bunky. Lyzozómy sú najaktívnejšie v kyslom prostredí. Môžu mať rôzny tvar, napr. guľovitý, oválny, prípadne nepravidelný a majú homogénny alebo jemne zrnitý obsah. Podľa štruktúry a aktivity rozoznávame **rôzne typy lyzozómov**:

- a) primárne lyzozómy** – vznikajú odštiepením z GA ako drobné sférické štruktúry s homogénnym obsahom; ešte nevstúpili do procesu vnútrobunkového trávenia. Primárne lyzozómy splývajú s **autofagozómami** (vlastné komponenty buniek napr. opotrebované bunkové organely) alebo **heterofagozómami** (exogénny materiál) a tvoria sekundárne lyzozómy,
- b) sekundárne lyzozómy** – majú heterogénny obsah, prebieha v nich už enzymatická degradácia rôznych makromolekúl (proces vnútrobunkového trávenia). Zvýšený výskyt sekundárnych lyzozómov je pozorovaný pri poškodení bunky (napr. vplyvom ionizujúceho alebo ultrafialového žiarenia, pri hypoxii, vírusových infekciách, vplyvom karcinogénov),
- c) terciálne lyzozómy (reziduálne telieska)** – aktivita enzýmov je výrazne znížená; môžu sa v nich ukladať nestráviteľné zvyšky (napr. železo alebo rôzne pigmenty); v zvýšenom počte sa vyskytujú u dlhožijúcich buniek (nervové bunky, kardiomyocyty), v ktorých tvoria žltohnedý pigment z opotrebovania = **lipofuscín**.

Základnou funkciou lyzozómov je **intracytoplazmatická digestia a degradácia endogénnych a exogénnych látok**. Významná je funkcia lyzozómov pri intracelulárnom trávení cudzorodého materiálu extracelulárneho pôvodu, ktorý sa dostáva do bunky (napr. mikroorganizmy, odumreté bunky a ich fragmenty). Prostredníctvom lyzozómov sa odstraňujú aj poškodené bunkové organely (napr. mitochondrie, časti GA a ER) ako aj rôzne produkty metabolizmu (napr. glykogén, lipidy).

Peroxisómy

Peroxisómy sú membránou ohraničené organely sférického až ovoidného tvaru. Vyskytujú sa vo väčšine buniek. Veľmi početné sú hlavne v bunkách pečene a obličiek. Obsahujú enzýmy degradujúce masné kyseliny a aminokyseliny, predovšetkým oxidačné enzýmy – **oxidázy (peroxidázy)**, najmä **katalázu**. Peroxisómy chránia bunku pred nežiadúcim hromadením toxického peroxidu vodíka, ktorý vzniká pri biologických oxidáciách, a môže spôsobiť nezvratné poškodenie bunkových štruktúr. Medzi základné funkcie peroxizómov patrí aj účasť na metabolizme a oxidácii sacharidov. Pretože obsahujú tiež enzýmy β -oxidácie, podieľajú sa na metabolizme lipidov a steroidných hormónov.

Cytoskelet – oporno-pohybový systém bunky

Súčasťou intracytoplazmatického priestoru je aj elastická a dynamická trojrozmerná sieťovitá štruktúra – **cytoskelet**, ktorá vytvára tzv. kostru – „skelet“ bunky. Táto mimoriadne dynamická podporná sieť zabezpečuje tvar a pohyb bunky, bunkových

organel a samotnej cytoplazmy. Cytoskelet štruktúrne tvoria (histologické delenie na základe hrúbky štruktúr):

- a) mikrofilamenty** – mimoriadne tenké ($\varnothing$ 3 – 8 nm), vláknité útvary; môžu tvoriť zväzky alebo siete v povrchových oblastiach buniek; majú vzťah k pohybu bunky aj pohybu cytoplazmatických štruktúr; napr. **aktínové** a **myozínové mikrofilamenty** v svalových bunkách a vláknach; v neurónoch ako neurofilamenty,
- b) intermediárne filamenty** – sú vláknité útvary s priemerom 10 nm; majú najmä podpornú funkciu; napr. v epitelových bunkách pokožky a neurónoch,
- c) mikrotubuly** – trubicovité útvary s priemerom 20 nm; sú súčasťou centriolu a deliaceho vretienka (pohyb chromozómov); v neurónoch sú prítomné ako **neurotubuly** (axonálny transport).

2.5.4 Bunkové inklúzie (paraplazma)

Bunkové inklúzie sú štruktúrami, ktoré obsahujú látky, produkty bunkového metabolizmu, ktoré sa v bunke postupne ukladajú. Na rozdiel od bunkových organel, nie sú nevyhnutné pre život bunky a väčšinou majú zásobnú funkciu.

Môžu v bunke primárne vznikáť, alebo sa dostávajú do bunky sekundárne z okolia (extracelulárneho prostredia).

1. Endogénne bunkové inklúzie (napr. lipidové kvapôčky, glykogénové granuly, sekrečné granuly, pigment melanín, kryštalické inklúzie).

2. Exogénne bunkové inklúzie (napr. prachové častice).

Vznikajú ako produkt bunkového anabolizmu, katabolizmu a ako metabolické rezervy. Sú to neživé súčasti bunky a ich prítomnosť v bunkách býva niekedy prejavom starnutia (senescencie), prípadne aj degenerácie bunky. Ukladajú sa najmä v cytoplazme, niekedy však aj v jadre bunky.

Medzi bunkové inklúzie patria:

- a) lipidy** – **lipidové kvapôčky** (vakuoly); na špeciálne znázornenie lipidov v svetelnom mikroskope sa používa zmrazený materiál a špeciálne histologické farbiace metódy, napr. sudanová čierna (Sudan B), alebo olejová červeň,
- b) glykogén** – **glykogénové granuly** (zrnká); v svetelnom mikroskope sa glykogén dokazuje Bestovým karmínom, ktorý ofarbí glykogénové granuly na červeno. Glykogén možno dokázať histochemickou metódou PAS,
- c) proteíny** – **sekrečné granuly** (zrnká) so špecifickým chemickým obsahom; majú rôznu veľkosť a zloženie. Na povrchu sú ohraničené súvislou membránou a vo vnútri obsahujú sekrečný produkt v koncentrovanej forme, ktorého syntéza a extrúzia (uvoľnenie) závisí od typu bunky a jej celkovej aktivity,
- d) pigmenty** – farebné častice exogénneho alebo endogénneho pôvodu,
- e) kryštalické inklúzie.**

Pigmenty

Pigmenty sú všetky farebné bunkové inklúzie, ktoré sa môžu nachádzať intracelulárne alebo aj extracelulárne. Podľa miesta vzniku ich môžeme rozdeliť na **pigmenty**:

- a) **endogénne pigmenty** – vznikajú v samotnom organizme a patria sem napr. melanín, lipofuscín, luteín a hematogénne pigmenty (hemoglobín, hemosiderín, biliverdín, hematóidín, hematín),
- b) **exogénne pigmenty** – dostávajú sa do organizmu z vonkajšieho prostredia. Patria sem napr. lipochrómy, prachové častice, kovy, sadze, niektoré farmaceutické prípravky (tetracyklínové antibiotiká), tetovanie.

Kryštalické inklúzie

Po chemickej stránke sú najčastejšie bielkovinovej povahy. Bielkoviny sú typicky pretieto inklúzie geometricky veľmi pravidelne usporiadané. Môžu byť prítomné v bunkovom jadre, mitochondriách, ER, GA a aj v lyzozómoch. Svetelným mikroskopom sú u muža v **Leydigových bunkách semenníka** viditeľné **Reinkeho kryštaloidy**, ktorých funkcia doposiaľ nie je známa. Pri niektorých vírusových ochorenia, napr. pri besnote sú v pyramídových bunkách mozgu (*gyrus hippocampi*) prítomné Babes-Negriho telieska. Intramitochondriálne kryštalické inklúzie sa považujú za produkt degeneratívnych zmien na úrovni mitochondrií a boli pozorované v pečeni napr. pri *diabetes mellitus*, vírusovom zápale pečene (*hepatitis*) a tiež pri dlhodobej hormonálnej antikoncepcii. Kryštalické inklúzie sú často prítomné v epitelových bunkách pečene (hepatocytoch) u chronických alkoholikov.

2.6 Povrchové štruktúry buniek

Len ojedinele je povrch buniek hladký – bez povrchových špecializácií. Voľný povrch buniek môže byť rôzne modifikovaný podľa toho, akú funkciu vykonávajú, napr. vstrebávanie, sekrécia, ochrana a pod. Medzi najdôležitejšie a najčastejšie špecializácie voľného povrchu buniek patria: mikrokľky, stereocílie, kinocílie a bičíky.

2.6.1 Mikrokľky

Mikrokľky (*microvilli*) sú nepohyblivé apikálne prstovité cytoplazmatické výbežky ohraničené membránou. Obsahujú longitudinálne usporiadané aktínové mikrofilamenty. Na povrchu väčšiny buniek sa nachádzajú jednotlivé, nepravidelne usporiadané mikrokľky. Veľký počet rovnako dlhých a širokých, pravidelne vedľa seba usporiadaných mikrokľkov tvorí **kefkový lem**. Na povrchu mikrokľkov je obyčajne prítomný mohutný vonkajší obal – **glykokalyx**, tvorený hrubšou vrstvou glykoproteínov a glykolipidov vykazujúci často enzymatickú aktivitu. Vyskytuje sa napríklad na povrchu enterocytov, ktoré lemujú lúmen tenkého čreva. Kefkový lem funkčne výrazne zväčšuje resorpčný povrch týchto buniek.

2.6.2 Stereocílie

Stereocílie (*stereocilia*) sú **dlhšie apikálne cytoplazmatické výbežky** ako mikrokľky. Sú hrubšie pri báze a môžu rozvetvovať. V ďalšom priebehu sa ich priemer nemení. **Majú rovnakú vnútornú štruktúru ako mikrokľky.** Vzhľadom k celkovej dĺžke

a mohutnosti je ich aktívna pohyblivosť veľmi obmedzená. Vyskytujú sa na bunkách vystielajúcich vývodné pohlavné cesty muža (nadsemenník, semenovod), kde majú resorpčnú funkciu. Ďalej sa vyskytujú na špecializovaných vláskových bunkách, ktoré sú súčasťou receptorov vnútorného ucha, kde plnia funkciu mechanoreceptorov.

2.6.3 Kinocílie

Kinocílie – pohyblivé riasinky (*cilia*) sú obyčajne najdlhšie apikálne cytoplazmatické výbežky. Majú oproti mikroklikom a stereocíliám pomerne zložitú, ale typickú vnútornú štruktúru, ktorej podkladom je **ciliárny aparát**. Základom štruktúry kinocílie je **axonéma** zložená z **mikrotubulov**. Vyskytujú sa na povrchu epitelu, ktorý vystieľa dýchacie cesty (nosohltan, priedušnica, priedušky) a vajíčovodu ženy. Pohyb kinocílií v epiteli dýchacích ciest je vlnitý a umožňuje pohyb hlienu a častíc v jednom smere (von z dýchacích ciest). Vo vajíčovode napomáha pri transporte tekutiny a transporte pohlavných buniek a zygoty.

2.6.4 Bičíky

Bičíky (*flagellae*) sú dlhé pohyblivé riasinky, ktoré majú identickú vnútornú štruktúru ako kinocílie. Typický bičík majú mužské pohlavné bunky – **spermie**. Bičík spermie je pomerne dlhý (dosahuje 45 – 60 μm). Základ všetkých úsekov bičíka tvorí axonéma.

2.6.5 Pseudopódie

Pseudopódie (**panôžky**) sú rôzne dlhé výbežky cytoplazmatickej membrány a cytoplazmy fagocytytujúcich buniek. Na formovaní pseudopódií sa zúčastňuje len povrchová časť cytoplazmy. **Pseudopódie** obklopujú rôzny materiál, ktorý sa dostáva do vnútra fagocytyjúcej bunky v podobe vakuoly, kde sa pomocou lyzozómových enzýmov natravuje a niekedy opätovne vylúči z bunky. Proces fagocytózy je veľmi dôležitý v obrannom systéme. Medzi najdôležitejšie fagocytyjúce bunky patria **neutrofilné granulocyty (mikrofágy)** a **makrofágy**, ktoré sa podieľajú na pohlcovaní a odstraňovaní baktérií, bunkového detritu, odumretých celých buniek, zrníka pigmentu, prachu, sadzí a pod.

Otázky:

1. Definuj cytológiu.
2. Charakterizuj základné zloženie eukaryotickej bunky.
3. Charakterizuj štruktúru a funkciu bunkového jadra.
4. Opíš štruktúru, chemické zloženie a funkciu biomembrán.
5. Charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt membránou ohraničených organel.
6. Charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt membránou neohraničených organel.
9. Vymenuj a uveď funkciu bunkových inklúzií.
10. Opíš štruktúru, delenie a funkciu elementov cytoskeletu.
11. Vymenuj povrchové štruktúry/specializácie buniek.

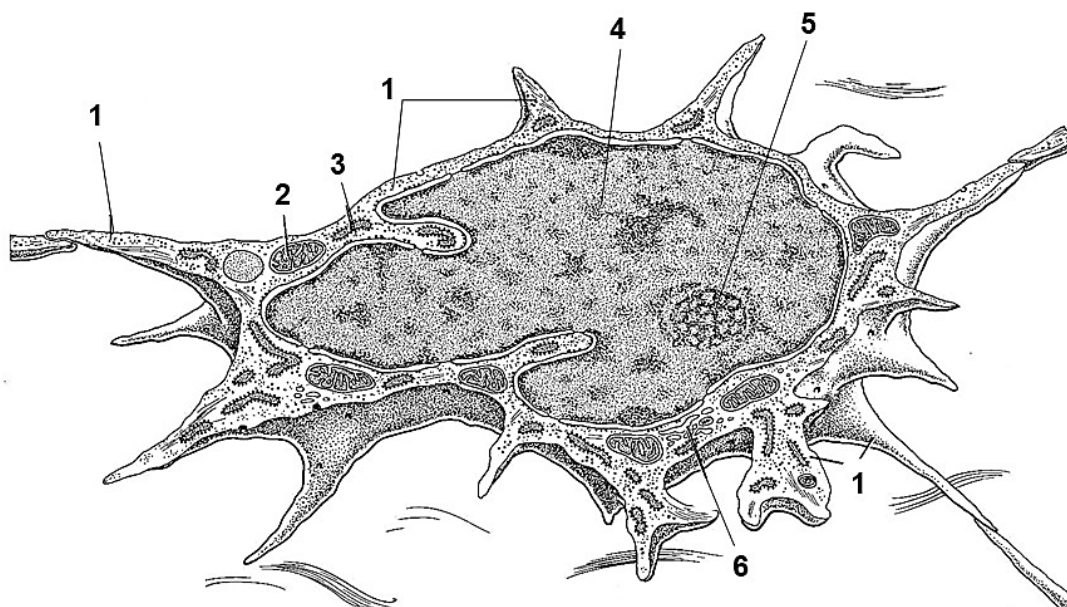
12. Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt mikroklkov.
13. Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt nepohyblivých riasiniek.
14. Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt pohyblivých riasiniek a bičíkov.
15. Čo sú pseudopódie, kde sa vyskytujú a akú majú funkciu?

2.7 Základy funkčnej cytomorfológie

V nasledujúcom prehľade je uvedený stručný cytomorfológický obraz z pohľadu elektrónovej mikroskopie a charakteristika základných a najčastejších typov buniek z funkčného hľadiska s uvedeným miestom výskytu v tele človeka.

2.7.1 Mladé, diferencujúce sa bunky (nediferencované bunky)

Nediferencované bunky majú vysokú biosyntetickú aktivitu. Obsahujú pomerne **veľké svetlé bunkové jadro** s vysokým obsahom **euchromatínu** a **zreteľným jadierkom**. V cytoplazme majú prítomné **početné ribozómy** a **polyzómy**. Ostatné bunkové organely sú prítomné iba v malom počte. Ich základnou funkciou je syntéza proteínov pre vlastnú potrebu (pre tvorbu budúcich organel bunky). Tieto bunky sú prítomné počas vývinu v diferencujúcich sa tkanivách a orgánoch zárodka prípadne plodu.

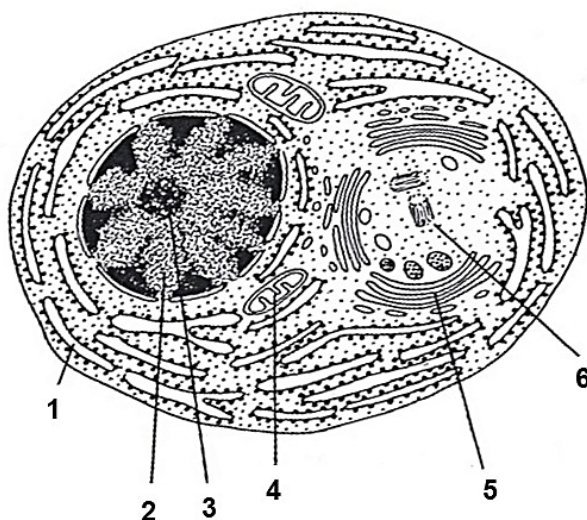


Obr. 3 Ultraštruktúra nediferencovanej mezenchýmovej bunky: 1 – cytoplazmatický výbežok, 2 – mitochondria, 3 – granulované endoplazmatické retikulum, 4 – bunkové jadro, 5 – jadierko, 6 – Golgiho komplex/aparát (upravené podľa Krstiča, 1976)

2.7.2 Bunky syntetizujúce proteíny

Bunky syntetizujúce proteíny na „export“ – plazmatické bunky

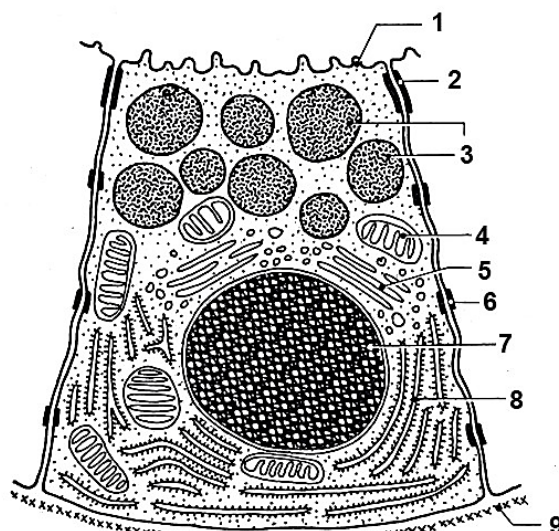
Bunky obsahujú pomerne **veľké svetlé euchromatické bunkové jadro** s **lúčovito usporiadaným heterochromatínom**. V cytoplazme majú **dobre diferencované, početné GER**, GA je slabšie vyvinutý, mitochondrie sú prítomné v menšom počte. Bunky syntetizujú proteíny, ktoré **nie sú** akumulované v sekrečných granulách. Do tejto skupiny buniek patria napr. **plazmatické bunky**, ktoré zodpovedajú za produkciu imunoglobulínov (protilátok), ktoré zabezpečujú humorálnu, čiže protilátkovú imunitu organizmu.



Obr. 4 Ultraštruktúra plazmatickej bunky: 1 – granulované endoplazmatické retikulum, 2 – bunkové jadro s lúčovito usporiadaným chromatinom, 3 – jadierko, 4 – mitochondria, 5 – Golgiho komplex/aparát, 6 – centriol (upravené podľa Mailleta, 1976)

Bunky syntetizujúce proteíny na „export“ – sekrečné bunky

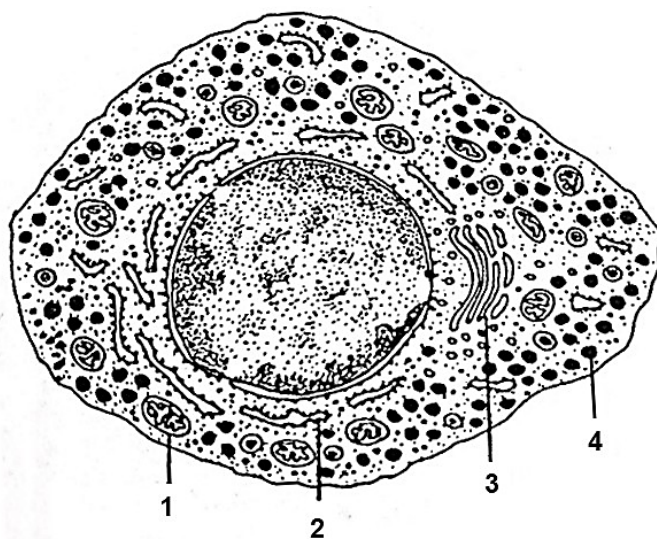
V cytoplazme obsahujú **početné ribozómy** a **cisterny GER** (segregácia proteínov), preto majú v obraze svetelného mikroskopu výrazne bazofilnú cytoplazmu. Pre túto skupinu buniek je charakteristická prítomnosť dobre diferencovaného GER tzv. **ergastoplazmy** – bazofilnej substancie v bazálnej časti cytoplazmy žľazových buniek. Typicky majú tieto bunky **dobře vyvinuté, početné GA** (pre posttranslačnú úpravu a kondenzáciu). Syntetizované proteíny sú akumulované v **sekrečných zymogénnych granulách**, ktoré sa koncentrujú v cytoplazme nad bunkovým jadrom. Typickým príkladom sú serózne sekrečné bunky veľkých slinných žliaz a pankreasu alebo hlavné bunky žliaz v žalúdku.



Obr. 5 Ultraštruktúra hlavnej, pepsinogénnej bunky žalúdka: 1 – mikrokľky, 2,6 – medzibunkové spojenia, 3 – sekrečné zymogénne granuly, 4 – mitochondria, 5 – Golgiho komplex/aparát, 7 – bunkové jadro, 8 – granulované endoplazmatické retikulum, 9 – bazálna membrána (upravené podľa Mailleta, 1976)

2.7.4 Bunky syntetizujúce biogénne amíny a polypeptidy

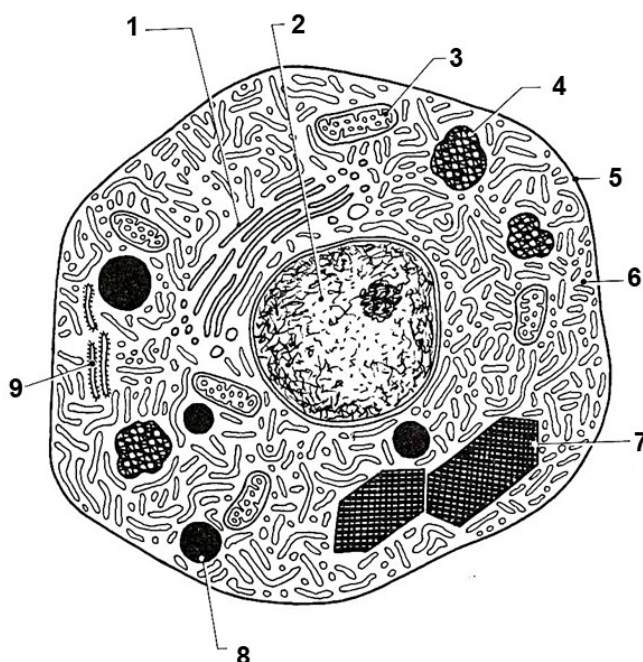
Bunky majú v cytoplazme slabo vyvinuté GER, GA a málo početné mitochondrie. Bunkové jadro je tmašie, bohatšie na heterochromatín. Typickým znakom je prítomnosť početných **špecifických sekrečných granúl**, ktoré sú pre určitý typ buniek **uniformné**. Špecifické sekrečné granuly sú pod alebo tesne nad hranicou rozlišovacej schopnosti svetelného mikroskopu. V jednotlivých typoch buniek sa však granuly líšia svojim vzhľadom (obsahujú príslušné biologické amíny alebo polypeptidy). Pre túto chemicky rôznorodú skupinu buniek v bol zavedený názov **difúzny neuroendokrinný systém (DNES)**.



Obr. 6 Ultraštruktúra gonadotropnej bunky adenohipofýzy produkujúcej luteinizačný hormón (LTH): 1 – mitochondria, 2 – granulované endoplazmatické retikulum, 3 – Golgiho komplex/aparát, 4 – špecifické sekrečné granuly obsahujúce hormón LTH (upravené podľa Mailleta, 1976)

2.7.5 Bunky syntetizujúce steroidy

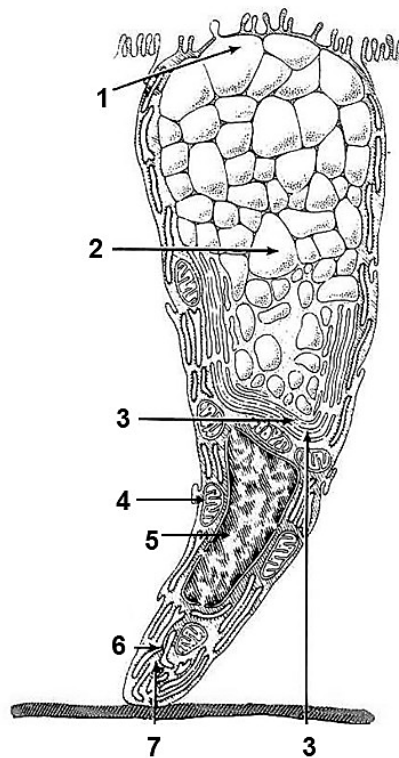
Bunkové jadro je najčastejšie **okrúhleho tvaru**, **centrálne uložené** s **prevahou euchromatínu**. V cytoplazme obsahujú **početné mitochondrie tubulárneho typu** (špecifické pre tento typ buniek) ako aj **tubuly HER** (obsahuje enzýmy steroidogenézy). Cytoplazma podľa celkovej aktivity bunky obsahuje rôzny počet **lipidových kvapôčok** a môže byť zaznamenaná aj prítomnosť ďalších bunkových inklúzií (napr. lipofuscín, kryštalické inklúzie). Vysoký počet mitochondrií a HER v **cytoplazme** týchto buniek zapríčiňuje v obraze svetelného mikroskopu pri základnom histologickom farbení **výraznú acidofíliu/eozinofíliu**. Typickým príkladom sú bunky kôry nadobličiek a intersticiálne Leydigove bunky v semenníkoch muža.



Obr. 7 Ultraštruktúra Leydigovej bunky produkujúcej testosterón: 1 – Golgiho komplex/aparát, 2 – bunkové jadro s jadrikom, 3 – mitochondria tubulárneho typu, 4 – lyzozóm, 5 – bunková membrána, 6 – cytoplazma, 7 – kryštalické inklúzie, 8 – lipidová kvapôčka/vakuola, 9 – granulované endoplazmatické retikulum (upravené podľa Mailleta, 1976)

2.7.6 Bunky syntetizujúce hlien

Bunkové jadro je **oválne až ploché**, uložené najčastejšie v **bazálnej časti cytoplazmy**. V cytoplazme je **dobře vyvinutý, početný GA** (glykozylácia proteínov), naopak bunky majú slabšie vytvorené GER. V cytoplazme sú prítomné početné **sekrečné hlienové granuly** (obsahujúce hlien – mucíny – rôzne hydrofilné glykoproteíny), ktoré vypĺňajú podstatnú časť cytoplazmy nad bunkovým jadrom. Typickým príkladom buniek syntetizujúcich hlien sú **pohárikovité bunky** v epiteli tenkého, hrubého čreva a dýchacích ciest (priedušnica, priedušky).



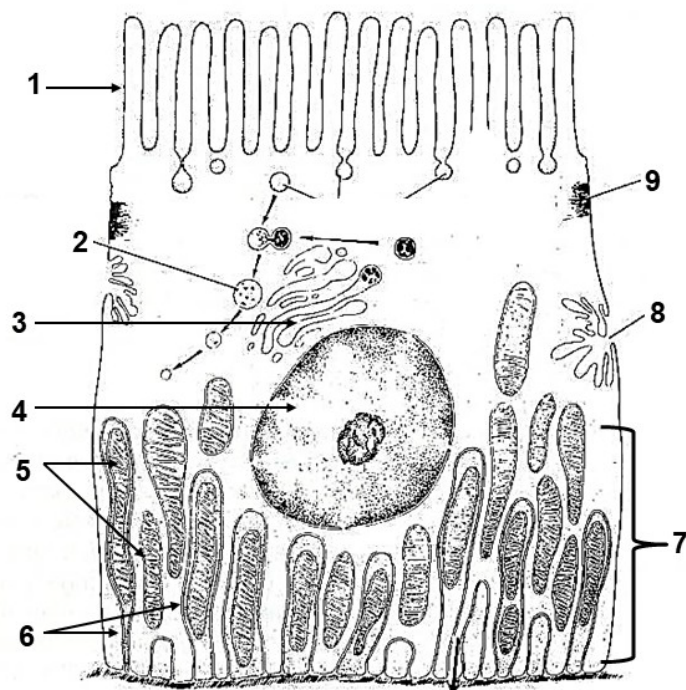
Obr. 8 Ultraštruktúra hlien produkujúcej pohárikovitej bunky: 1, 2 – sekrečné hlienové granuly, 3 – Golgiho komplex/aparát, 4 – mitochondria, 5 – bunkové jadro, 6, 7 – granulované endoplazmatické retikulum (upravené podľa Junquiera, 1995)

2.7.7 Bunky transportujúce ióny

Bunky zabezpečujú **transcelulárny, energeticky náročný transport iónov**. Z tohto dôvodu sú bunky transportujúce ióny **výrazne polarizované** (majú špecializované povrchy a časti cytoplazmy):

- a) bazálne** (spodná plocha) – vytvorený **bazálny labyrint** (prítomnosť iónových púmp), v tejto oblasti sú prítomné početné vertikálne orientované mitochondrie (dodávajú ATP pre energeticky náročný transport iónov),
- b) laterálne** (bočné plochy) – vytvorené **interdigitácie** (pre pevnejšie spojenie so susednými bunkami),
- c) apikálne** (horná plocha) – sú vytvorené krátke, prstovité výbežky cytoplazmy – **mikroklky** (zväčšujú resorpčný povrch bunky); medzi bunkami sú početné špecializované tesné medzibunkové spojenia – **zonulae occludentes** – štruktúry zabezpečujúce veľmi pevné a nepriepustné spojenie.

Cytoplazma buniek transportujúcich ióny je vďaka početným mitochondriám výrazne **acidofilná/eozinofilná**. V dôsledku prítomnosti bazálneho labyrintu v obraze svetelného mikroskopu javí **cytoplazma znaky „prúžkovania“**. Tieto bunky sú prítomné v kanálikoch nefrónu obličiek a tiež tvoria výstelku vývodov veľkých slinných žliaz.



Obr. 9 Ultraštruktúra bunky transportujúcej ióny: 1 – mikrokľky, 2 – lyzozómy, 3 – Golgiho komplex/aparát, 4 – bunkové jadro s jadriekom, 5 – mitochondrie kristálneho typu, 6 – hlboké invaginácie bazálnej bunkovej membrány, 7 – bazálny labyrint, 8 – interdigitácie, 9 – medzibunkové spojenie (upravené podľa Junquiera, 1995)

Otázky:

1. *Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a význam mladých, diferencujúcich sa buniek.*
2. *Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt buniek produkujúcich proteíny.*
3. *Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt buniek produkujúcich biogénne amíny a polypeptidy.*
4. *Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt buniek produkujúcich steroidy.*
5. *Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt buniek produkujúcich hlien.*
6. *Stručne charakterizuj štruktúru, funkciu a výskyt buniek transportujúcich ióny.*

3 Všeobecná histológia

Histológia (z gréckeho **histos** = tkanivo, **logos** = veda/štúdium) je náuka o mikroskopickej a submikroskopickej štruktúre tkanív, ktoré sú základnou štrukturálnou jednotkou orgánov. Poznanie mikroskopickej stavby buniek, tkanív a orgánov, z ktorých je zložené telo človeka je potrebné vedieť predovšetkým pre pochopenie ich funkcie (funkčná histológia).

Tkanivá (*textus*) môžeme definovať ako **komplex morfológicky podobných buniek, ktoré vykonávajú určité funkcie**. Z tkanív sú zložené jednotlivé orgány, ktoré vytvárajú orgánové systémy a spoločná súhra tvorí harmonicky fungujúci organizmus. Aj keď je telo človeka mimoriadne zložené, pozostáva z histologického hľadiska zo **4 základných typov tkanív**:

- a) epitelové tkanivo,
- b) spojivové tkanivo,
- c) svalové tkanivo,
- d) nervové tkanivo.

Všetky typy tkanív pozostávajú z **tkanivovo špecifických buniek**, ktoré sú obklopené proporciálne menším alebo väčším množstvom **medzibunkovej hmoty (intercelulárneho matrixu)**. Uvedené základné typy tkanív sa v priebehu embryonálneho vývinu jedinca (ontogenézy) diferencujú v procese histogenézy (formovanie a diferenciácia tkanív) z **3 zárodočných listov/vrstiev**: **ektodermu** (vonkajší zárodkový list), **mezodermu** (stredný zárodkový list) a **endodermu** (vnútorný zárodkový list).

4 Epitelové tkanivo

Epitelové tkanivo (*textus epithelialis*) je tvorené zoskupeniami buniek zoradených tesne vedľa seba, medzi ktorými sa nachádza minimálne množstvo medzibunkovej hmoty. Podľa pôvodu pochádzajú zo všetkých troch zárodkových listov: ektodermy, endodermy a mezodermy. Medzi základné vlastnosti epitelového tkaniva patrí:

- a) **súdržnosť** buniek (vysoký stupeň adhezivity – príľnavosti),
- b) epitelové tkanivo je **bezcievne (avaskulárne)** a **dobře inervované**,
- c) bunky epitelového tkaniva ležia na **bazálnej membráne**, ktorá je v svetelnom mikroskope viditeľná iba pri hrúbke väčšej ako 1 µm; bazálnu membránu je možné špecificky znázorniť PAS reakciou alebo impregnáciou soľami striebra,
- d) epitelové bunky sú **polárne diferencované** – na bunkách epitelu je možné rozlíšiť bazálny, laterálny a apikálny pól; na každom póle sa môžu nachádzať špecializácie. Na **bazálnom póle** sú vytvorené hemidezmozómy alebo môže byť vytvorený bazálny labyrint. Na **laterálnom póle** sa nachádzajú spojovacie komplexy: *zonula occludens*, *zonula adherens*, *macula adherens* (desmozóm) a *nexus*. Na **apikálnom póle** môžu byť prítomné **mikrovlky**, ak sú početné, uniformné a husto usporiadané vedľa seba, v svetelnom mikroskope tvoria **kefkový lem** (zväčšujú plochu pre resorpciu látok), **pohyblivé riasinky – kinocílie** (transport hlienu, transport oocytov), **nepohyblivé stereocílie** (resorpcia), alebo povrch buniek môže byť **hladký**.

Na základe **funkcie** sú epitely klasifikované na:

- a) **krycie epitely**, ktoré vystielajú dutiny orgánov, telové dutiny a pokrývajú vonkajšie povrchy niektorých orgánov,
- b) **žľazové epitely**, ktoré tvoria bunky špecializované na sekréciu.

4.1 Krycie epitely

Krycie epitely sa morfológicky rozdeľujú podľa **počtu vrstiev**, **tvary epitelových buniek** a **vzťahu buniek k bazálnej membráne** na:

1. Jednovrstvové epitely:

- a) **jednovrstvový plochý epitel**,
- b) **jednovrstvový kubický epitel**,
- c) **jednovrstvový cylindrický epitel**.

2. Viacvrstvé epitely:

- a) **viacvrstvý cylindrický epitel s kinocíliami alebo stereocíliami**,
- b) **prechodný epitel – urotel**.

3. Viacvrstvé epitely:

- a) **viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel**,
- b) **viacvrstvý plochý rohovatejúci epitel**,
- c) **viacvrstvý kubický epitel**,
- d) **viacvrstvý cylindrický epitel**.

4.1.1 Jednovrstvové epitely

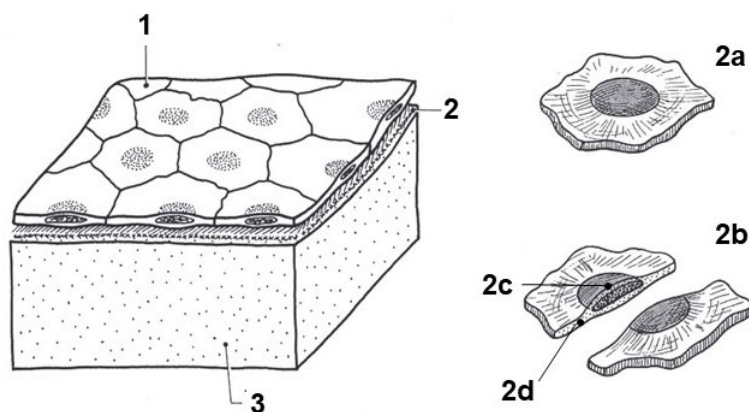
Jednovrstvový plochý epitel

Histologická charakteristika: epitel tvorí jedna vrstva plochých (dlaždicovitých) buniek, ktoré nasadajú na bazálnu membránu. Jadro buniek je prispôsobené tvaru bunky, je obyčajne ploché/šošovkovité a uložené v strede bunky. Pri pohľade zhora má epitel tvar mozaiky.

Výskyt: tenký segment Henleho slučky, parietálny list Bowmanovho puzdra *corpusculum renis*, výstelka lúmenu krvných, lymfatických ciev a dutín srdca – **cievny endotel**, výstelka serózných dutín (pleurálnu, perikardovú, peritoneálnu dutinu) – **mezotel**

Základné funkcie epitelu:

- a) krycia/vystielajúca – protektívna funkcia,
- b) uľahčenie výmeny dýchacích plynov a metabolitov.



Obr. 10 Jednovrstvový plochý epitel: 1 – jednovrstvový plochý epitel, 2 – bazálna membrána, 2a – plochá/dlaždicovitá epitelová bunka, 2b – priečny rez plochou/dlaždicovou bunkou, 2c – bunkové jadro, 2d – cytoplazma, 3 – subepitelové väzivo (upravené podľa Mailleta, 1976)

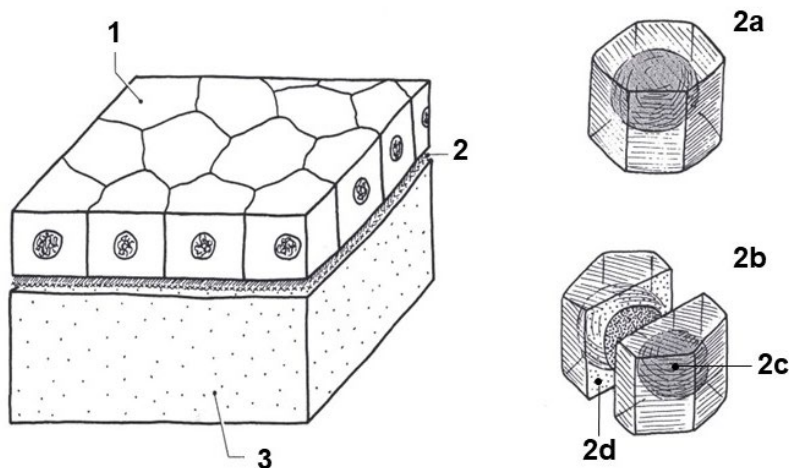
Jednovrstvový kubický epitel

Histologická charakteristika: epitel je tvorený jednou vrstvou buniek kubického (kocke podobného) tvaru s centrálne uloženým okrúhlym jadrom. Bunky majú rovnakú výšku a šírku.

Výskyt epitelu: vývody exokrinných žliaz, zberný kanálik obličky, povrchový epitel vaječníka ženy.

Základné funkcie epitelu:

- a) krycia – protektívna funkcia,
- b) sekrčná – vylučovanie látok.



Obr. 11 Jednovrstvový kubický epitel: 1 – jednovrstvový kubický epitel, 2 – bazálna membrána, 2a – kubická bunka, 2b – priečny rez kubickou bunkou, 2c – bunkové jadro, 2d – cytoplazma, 3 – subepitelové väzivo (upravené podľa Mailleta, 1976)

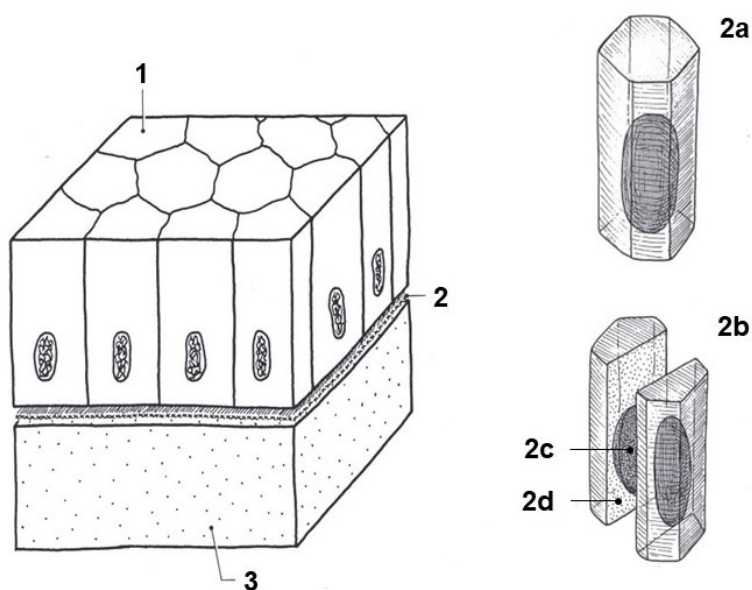
Jednovrstvový cylindrický epitel

Histologická charakteristika: epitel pozostáva z jednej vrstvy vysokých a štíhlych buniek cylindrického (prizmatického) tvaru. Bunkové jadro má oválny tvar a je uložené v bazálnej tretine bunky. Voľný (apikálny) povrch buniek epitelu môže byť hladký, alebo môže mať vyvinuté špecializácie: pohyblivé kinocílie, nepohyblivé stereocílie, mikrokľky (kefkový lem). Bunky majú tvar hranolov a ich výška je väčšia ako ich šírka.

Výskyt epitelu: epitel žalúdka (hladký apikálny povrch), tenké, hrubé črevo a žľčový mechúr (apikálny povrch s mikrokľkmi), vajčkovod (pohyblivé riasinky).

Základné funkcie epitelu:

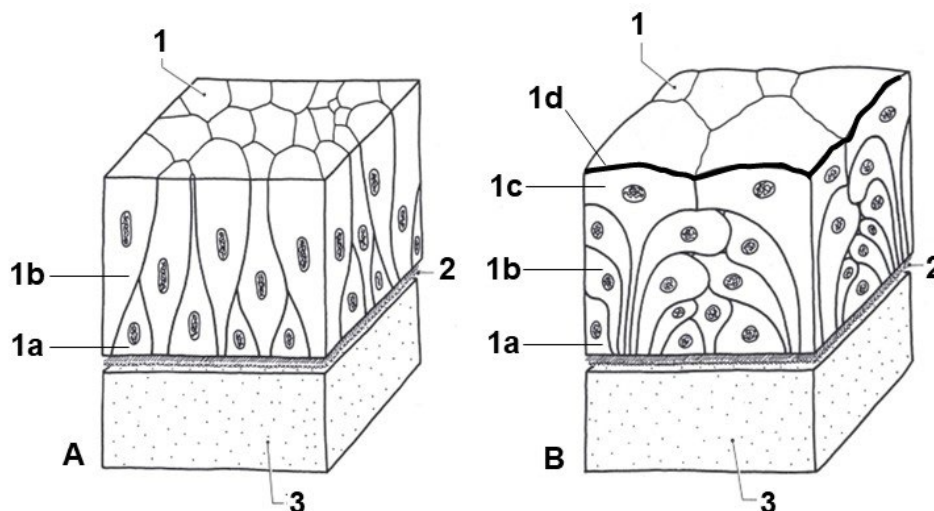
- a) resorpcia – vstrebávanie látok,
- b) sekrécia – vylučovanie látok.



Obr. 12 Jednovrstvový cylindrický epitel: 1 – jednovrstvový cylindrický epitel, 2 – bazálna membrána, 2a – cylindrická bunka, 2b – priečny rez cylindrickou bunkou, 2c – bunkové jadro, 2d – cytoplazma, 3 – subepitelové väzivo (upravené podľa Mailleta, 1976)

4.1.2 Viacradové epitely

Histologická charakteristika: viacradový epitel je špeciálny typ jednovrstvového epitelu, ktorého všetky bunky nasadajú na bazálnu membránu, ale iba najvyššie bunky dosahujú svojim apikálnym pólom povrch epitelu. Bunky sú rôzne vysoké a ich jadrá sú uložené v rôznych výškach – horizontálnych radoch nad sebou. Apikálny povrch buniek často obsahuje špecializácie ako sú stereocílie a kinocílie.



Obr. 13 Viacradový epitel: A – viacradový cylindrický epitel: 1 – apikálny pól epitelu, 1a – bazálna bunka, 1b – cylindrická bunka; B – prechodný epitel (urotel): 1 – apikálny pól epitelu, 1a – bazálna bunka, 1b – bunka hruškovitého tvaru, 1c – povrchová, krycia, dáždnikovitá bunka, 1d – ochranná kutikula, 2 – bazálna membrána, 3 – subepitelové väzivo (upravené podľa Mailleta, 1976)

Dvojradový cylindrický epitel so stereocíliami

Stereocílie sú nepohyblivé špecializácie apikálneho pólu dlhé 8 – 10 μm .

Výskyt epitelu: vývod nadsemenníka.

Základná funkcia epitelu: zvýšenie resorpčnej kapacity epitelových buniek.

Viacradový cylindrický epitel s riasinkami (kinocílie) a pohárikovitými bunkami

Kinocílie sú pohyblivé špecializácie apikálneho pólu dlhé 10 μm .

Výskyt epitelu: epitel dýchacích ciest (napr. nosohltan, priedušnica, priedušky)

Základná funkcia epitelu:

- a) transport,
- b) vylučovanie látok.

Prechodný epitel – urotel (*urothelium*)

Histologická charakteristika: osobitným typom viacradového epitelu je prechodný epitel – urotel. Je to epitel vystielajúci vývodné močové cesty – močovody, močový mechúr a časť močovej rúry. Vzhľad epitelu sa mení v závislosti od stupňa napnutia orgánu. Všetky epitelové bunky sú v kontakte s bazálnou membránou, pričom nie všetky prichádzajú do kontaktu s apikálnym povrchom. Epitelové bunky, ktoré sú súčasťou tohto epitelu sa rozdeľujú podľa tvaru na: nízke bazálne bunky kubického

tvary, stredne vysoké bunky hruškovitého tvaru a povrchové dáždnikové bunky. Vonkajší povrch urotelu tvorí/pokrýva ochranná kutikula (*crusta urothelialis*), ktorá plní ochrannú funkciu.

Výskyt epitelu: vývodné močové cesty.

Základná funkcia epitelu: ochranná – protektívna funkcia.

4.1.3 Viacvrstvé epitel

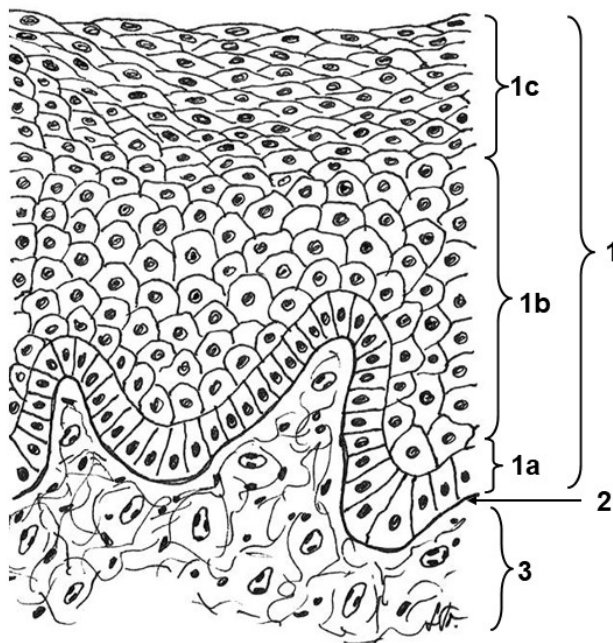
Histologická charakteristika: Viacvrstvé epitel sa skladajú z dvoch alebo viacerých vrstiev buniek. Bunky v jednotlivých vrstvách sa medzi sebou odlišujú tvarovo i štruktúrne. Na bazálnu membránu nasadá vždy iba jedna vrstva kubických až cylindrických buniek, ktoré sú mitoticky aktívne a prispievajú k regenerácii epitelu.

Viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel

Histologická charakteristika: tento typ epitelu patrí medzi tzv. sliznicový epitel. Vystiela dutiny a orgány, ktoré sú mechanicky namáhané. Na bazálnu membránu nasadá vrstva kubických až cylindrických buniek – *stratum basale cylindricum*; v tejto vrstve prebieha aktívne mitotické delenie buniek. Strednú vrstvu tvorí niekoľko vrstiev buniek polygonálneho tvaru (tvar uzavretého mnohouholníka) s okrúhlymi jadrami – *stratum intermedium (spinosum)*. Povrchové bunky sú ploché polygonálne s plochými jadrami – *stratum superficiale*.

Výskyt epitelu: sliznica ústnej dutiny, pažeráka, distálna časť konečníka, pošva, očná rohovka - predný epitel rohovky.

Základná funkcia epitelu: ochranná – protektívna funkcia.



Obr. 14 Viacvrstvý plochý epitel nerohovatejúci: 1 – epitel, 1a – *stratum basale cylindricum*, 1b – *stratum intermedium*, 1c – *stratum superficiale*; 2 – bazálna membrána; 3 – subepitelové väzivo (Tóth, 2025)

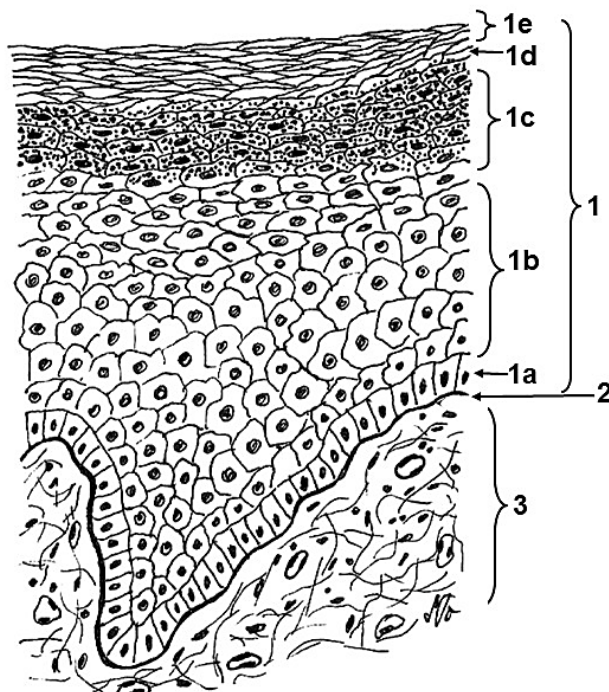
Viacvrstvový plochý rohovatejúci epitel

Histologická charakteristika: viacvrstvový plochý rohovatejúci epitel pokrýva povrch kože – tvorí **pokožku** (*epidermis*). U človeka rozlišujeme dva typy kože: tenký typ, ktorý pokrýva prevažnú časť tela a hrubý typ kože, ktorý sa nachádza na *planta pedis et palma manus*. V závislosti od typu kože epitel pokožky delíme na päť základných vrstiev:

- a) **stratum basale (cylindricum)** – tvorí 1 vrstva mitoticky aktívnych kubických až cylindrických buniek pevne pripojených k bazálnej membráne pomocou hemidezmozómov,
- b) **stratum spinosum** – tvorí niekoľko vrstiev buniek polygonálneho tvaru s trníkovými výbežkami, vzájomne spojenými desmozómami,
- c) **stratum granulosum** – tvorí 1 až 5 vrstiev plochých polygonálnych buniek, v ktorých sa hromadí keratohyalín v podobe bazofilných granúl,
- d) **stratum lucidum** – je tenká vrstva odumretých buniek bez jadier s prítomnosťou eozinofilného proteínu eleidínu; táto vrstva je prítomná len v hrubom type kože,
- e) **stratum corneum (proprium)** – je povrchová zrohovatená vrstva pokožky; obsahuje pevne pospájané odumreté keratinizované bunky bez jadier a organel. V cytoplazme epitelové bunky obsahujú konečný produkt keratinizácie (rohovatenia) – keratín. V povrchových vrstvách bunky strácajú medzibunkové spojenia a odlupujú sa (**stratum disjunctum**).

Výskyt epitelu: pokožka (*epidermis*).

Základná funkcia epitelu: ochranná – protektívna funkcia.



Obr. 15 Viacvrstvový plochý epitel rohovatejúci: 1 – epitel, 1a – *stratum basale cylindricum*, 1b – *stratum spinosum*, 1c – *stratum granulosum*, 1d – *stratum lucidum*, 1e – *stratum corneum (proprium)*; 2 – bazálna membrána; 3 – subepitelové väzivo (Tóth, 2025)

Viacvrstvový cylindrický epitel

Histologická charakteristika: tento epitel sa označuje aj ako epitel prechodných zón. Jeho výskyt v organizme je veľmi zriedkavý. Väčšinou sa nachádza na miestach kde jeden typ epitelu pozvoľna prechádza do iného typu.

Výskyt epitelu: vývody veľkých slinných žliaz, klenba spojovkového vaku.

Základná funkcia epitelu: ochranná – protektívna funkcia.

4.2 Žľazový epitel

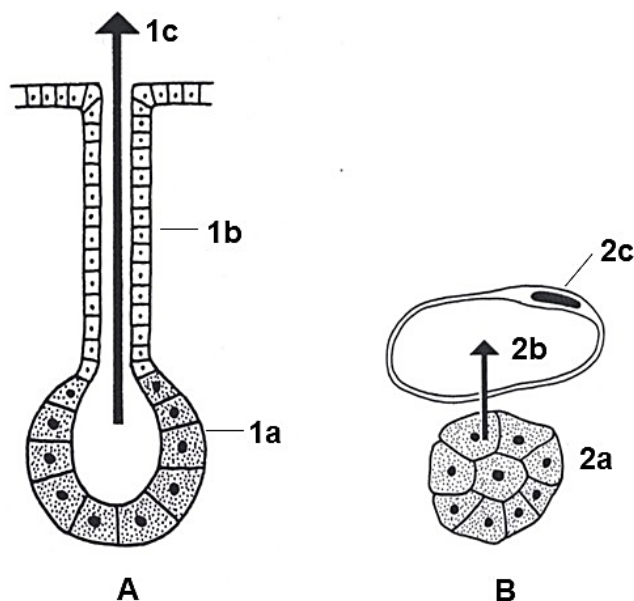
Žľazový epitel je tvorený bunkami, ktoré sa špecializujú na syntézu a sekréciu látok, ktoré nie sú určené pre ich vlastnú potrebu a metabolizmus. Sú často rozptýlené v krycích epitelocho jednotlivito a sú nazývané ako **jednobunkové žľazy**, alebo ich tvorí viac ako jedna bunka a sú nazývané ako **mnohobunkové žľazy**. V procese sekrécie sa rozoznávajú 3 základné fázy:

a) ingescia (príjem stavebných komponentov),

b) syntéza (vlastná tvorba sekrétu),

c) extrúzia (vylúčenie sekrétu).

Podľa miesta, kde je produkt vylučovaný a prítomnosti resp. absencie vývodov sú žľazy rozdelené na: **exokrinné** a **endokrinné žľazy**.

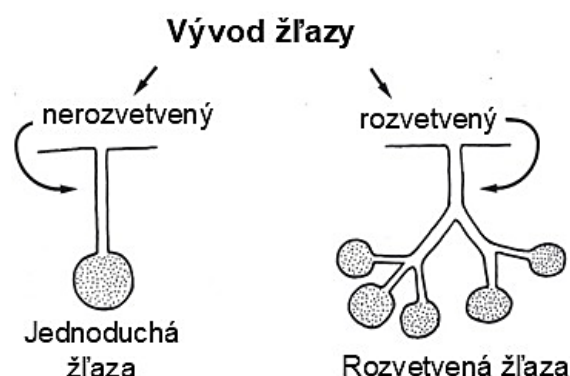


Obr. 16 Žľazový epitel: **A** – exokrinná žľaza: 1a – sekrečný oddiel (*portio secretoria*), 1b – vývod žľazy (*ductus glandulae*), 1c – smer uvoľňovania a transportu sekrétu (do vonkajšieho prostredia); **B** – endokrinná žľaza: 2a – sekrečný oddiel (endokrinné bunky), 2b – smer uvoľňovania sekrétu (do lúmenu krvnej cievy), 2c – krvná cieva (upravené podľa Mailleta, 1976)

4.2.1 Exokrinné žľazy (žľazy s vonkajším vylučovaním)

Exokrinné žľazy sú spojené s epitelom, z ktorého pôvodne vznikli. Histologicky sa skladajú z dvoch častí:

- a) **sekrečný oddiel** (*portio secretoria*) – tvorený žľazovými bunkami, ktoré syntetizujú a uvoľňujú sekrét,
- b) **systém vývodov** (*ductus glandulae*): slúži na transport sekrétu do vonkajšieho prostredia.



Obr. 17 Exokrinné žľazy – delenie podľa morfológie (tvaru) vývodu (upravené podľa Mailleta, 1976)

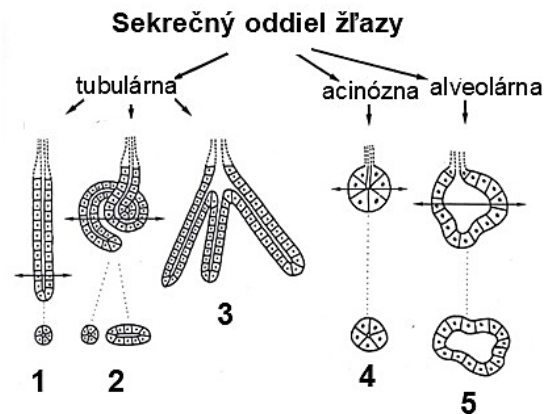
Klasifikácia exokrinných žliaz

1. Podľa tvaru vývodu:

- a) žľazy **jednoduché** – majú jeden priamy vývod (ekrinná/merokrinná potná žľaza v koži),
- b) žľazy **zložené** – majú systém vývodov, ktoré sa postupne a opakovane vetvia (veľké slinné žľazy).

2. Podľa tvaru sekrečného oddielu:

- a) žľazy **tubulárne** – sekrečná časť má **tvar trubice**:
 - **rovné** (žľazky tela žalúdka),
 - **stočené** (ekrinná/merokrinná potná žľaza v koži),
 - **rozvetvené** (žľazky vrátnika žalúdka),
- b) žľazy **alveolárne** – sekrečný oddiel je **okrúhly/oválny**, má **vakovitý tvar**, lúmen je široký (alveolus) (mliečna žľaza),
- c) žľazy **acinózne** – sekrečný oddiel má **okrúhly**, prípadne **oválny** tvar, v strede ktorého je malý lúmen (acinus) (prúšná žľaza),
- d) žľazy **zmiešané tubuloalveolárne/tubuloacinózne**



Obr. 18 Exokrinné žľazy – delenie podľa morfológie (tvaru) sekrečného oddielu: 1 – tubulárne rovné, 2 – tubulárne stočené, 3 – tubulárne rozvetvené, 4 – acinózne, 5 – alveolárne (upravené podľa Mailleta, 1976)

3. Podľa spôsobu vylučovania sekrétu z bunky:

Sekrét z buniek exokrinných žliaz sa vylučuje tromi rôznymi spôsobmi:

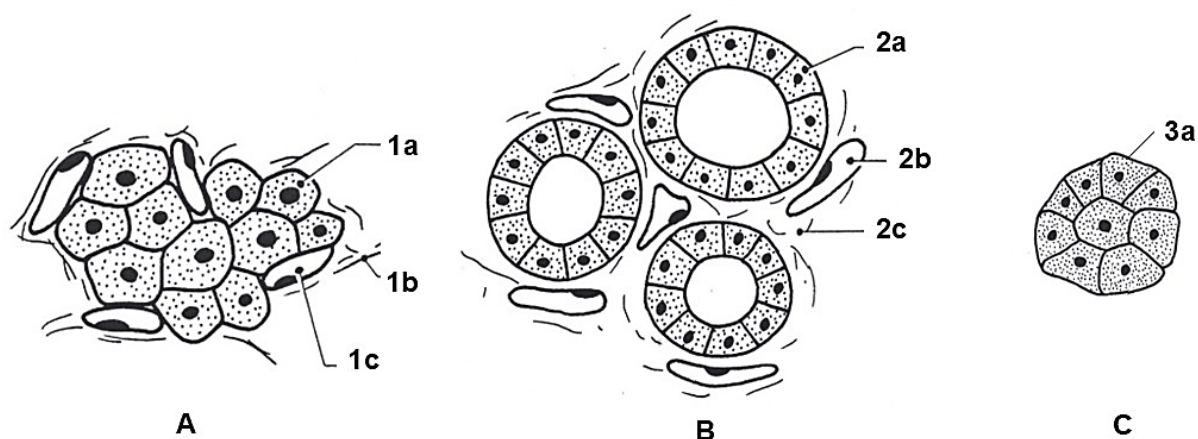
- a) merokrinné (ekrinné) žľazy** – bunky merokrinných žliaz uvoľňujú sekrét exocytózou; počas sekrécie nie je spolu so sekrétom odlúčená žiadna časť bunky a bunka ostáva neporušená (pankreas, príušná slinná žľaza),
- b) apokrinné žľazy** – počas sekrécie sa spolu so sekrétom odlúči aj časť cytoplazmatickej membrány prípadne aj cytoplazmy bunky, ktoré sa stávajú súčasťou sekrétu (aktívna mliečna žľaza),
- c) holokrinné žľazy** – pri tomto spôsobe sekrécie zaniká celá žľazová bunka a stáva sa súčasťou sekrétu (mazová žľaza).

4.2.2 Endokrinné žľazy (žľazy s vnútorným vylučovaním)

Klasifikácia endokrinných žliaz

Endokrinné žľazy **nemajú** systém vývodov. Produkujú hormóny, ktoré sú vylučované do krvného riečiska a následne transportované k cieľovým bunkám alebo orgánom. Endokrinné žľazy sa rozdeľujú na tri základné stavebné typy:

- a) trabekulárny (trámcovitý) typ** – sekrečné bunky sú usporiadané do trámecov (povrazce buniek), medzi ktorými sa nachádza veľmi bohatá kapilárna sieť (adenohypofýza, prištítna telieska, kôra nadobličky),
- b) folikulárny (vačkovitý) typ** – sekrečné bunky vytvárajú vačky – folikuly vyplnené koloidom, okolo ktorých je vytvorená sieť krvných kapilár (štítna žľaza),
- c) diseminovaný (roztrúsený) typ** – sekrečné bunky sú usporiadané jednotlivito alebo v menších skupinách (Leydigove bunky v intersticiálnom väzive semeníkov muža).



Obr. 19 Endokrinné žľazy – delenie podľa morfológie: **A** – trabekulárny (trámcovitý) typ: 1a – endokrinná bunka, 1b – vmedzerené (intersticiálne) väzivo, 1c – krvná kapilára; **B** – folikulárny (vačkovitý) typ: 2a – folikulárny epitel, 2b – krvná kapilára, 2c – vmedzerené (intersticiálne) väzivo; **C** – diseminovaný (roztrúsený) typ: 3a – endokrinné bunky (upravené podľa Mailleta, 1976)

Otázky

1. Vymenuj špecializácie apikálneho pólu bunky.
2. Vymenuj, ako rozdeľujeme epitely na základe ich funkcie?
3. Čo je to „endotel“ a kde v ľudskom tele sa nachádza?
4. Akou reakciou sa dá v svetelnom mikroskope znázorniť bazálna membrána?
5. Súčasťou ktorých orgánov je prechodný epitel – urotel?
6. Koľko vrstiev epidermis sa opisuje v hrubom type kože?
7. Aké 3 základné typy endokrinných žliaz poznáš?
8. Aké spôsoby vylučovania sekrétu z buniek exokrinných žliaz poznáš?
9. Z akých dvoch základných častí sa skladajú exokrinné žľazy?
10. Čo je hlavným produktom endokrinných žliaz?

5 Spojivové tkanivo

5.1 Všeobecná charakteristika spojív

Spojivové tkanivo (*textus connectivus*) pochádza zo strednej zárodkovej vrstvy – z **mezodermy**, z ktorej sa v procese embryonálneho vývinu diferencuje embryonálne väzivo – **mezenchým**. Z mezenchýmu sa následne tvoria všetky spojivá. Medzi spojivové tkanivá patria: **väzivové tkanivo**, **chrupkové tkanivo** a **kostné tkanivo**.

Pre spojivové tkanivá je typická prítomnosť menšieho počtu buniek a veľkého množstva špecificky usporiadanej **medzibunkovej hmoty** (**medzibunkový matrix**), ktorá je tvorená vláknitou a amorfnou zložkou.

Vláknitú zložku tvoria **väzivové vlákna**, ktoré sa delia na **kolagénové**, **elastické** a **retikulárne**.

Amorfnú (beztvarú) zložku reprezentuje **amorfná základná hmota**, ktorá má rôsolovitý, viskózný charakter a je zložená z vody, iónov, glykozaminoglykánov, proteoglykánov a štruktúrnych glykoproteínov.

V závislosti od typu spojivového tkaniva sa zastúpenosť jednotlivých typov zložiek medzibunkovej hmoty môže líšiť.

5.2 Väzivové tkanivo

5.2.1 Všeobecná charakteristika väziva

Väzivo (*textus connectivus sensu stricto*) je typ spojivového tkaniva, ktoré sa v organizme nachádza na rôznych miestach (v sliznici pod epitelom, v dermis kože, tvorí väzy a šľachy, puzdro na povrchu vnútorných orgánov alebo k sebe pripája jednotlivé tkanivá a vnútorné orgány). Vo väzive sú vždy prítomné krvné a lymfatické cievy a nervy.

Základnú štruktúru väziva tvoria:

1. Bunky väziva:

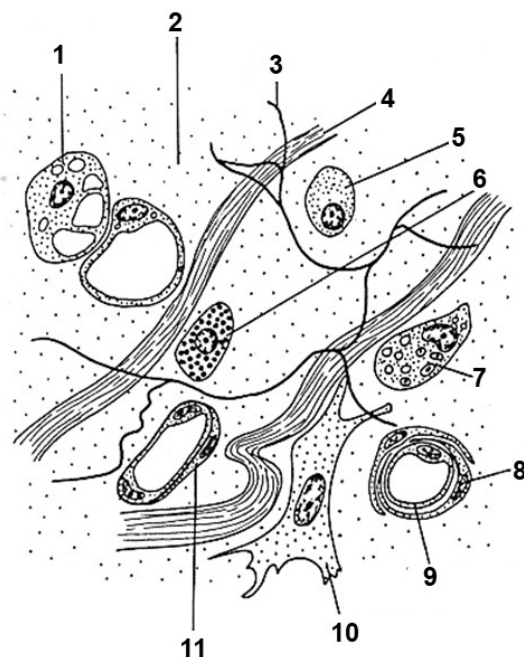
a) fixné: fibroblasty, fibrocyty, retikulárne bunky, tukové bunky, pigmentové bunky a nediferencované mezenchýmové bunky,

b) voľné (pricestované): makrofágy (histiocyty), plazmatické bunky, žírne bunky (mastocyty) a biele krvinky (leukocyty).

2. Medzibunková hmota:

a) vláknitá zložka: kolagénové, retikulárne a elastické vlákna,

b) amorfná zložka: voda, ióny, glykozaminoglykány, štruktúrne (multiadhezívne) glykoproteíny a proteoglykány.



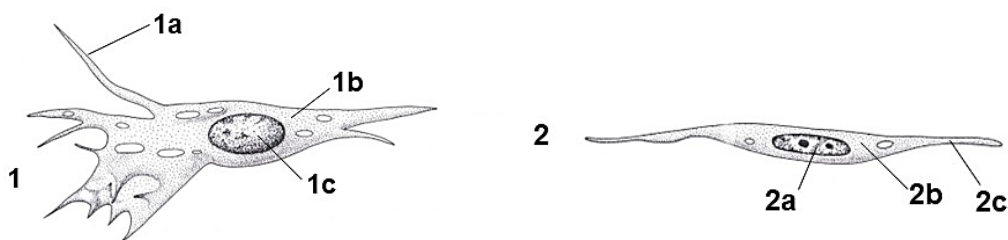
Obr. 20 Väzivové tkanivo: 1 – tuková bunka/adipocyt, 2 – amorfná medzibunková hmota, 3 – tenké elastické vlákna, 4 – zväzok kolagénových vlákien, 5 – plazmatická bunka, 6 – žírna bunka/mastocyt, 7 – histiocyt/väzivový makrofág, 8 – pericyt kapiláry, 9 – endotelová bunka ciev, 10 – fibroblast, 11 – lymfatická kapilára (upravené podľa Mailleta, 1976)

5.2.2 Bunky väziva

Fixné bunky väziva

Fibroblasty sú najpočetnejšie, synteticky aktívne bunky vyskytujúce sa vo väzive. Majú nepravidelný, hviezdicovitý tvar s tenkými výbežkami. Vo svetlo bazofilne sa farbiacej cytoplazme je prítomné GER a GA. Jadro je oválne, svetlo sfarbené euchromatické a výrazným jadierkom, ktoré je uložené v strede bunky. Fibroblasty aktívne produkujú medzibunkovú hmotu.

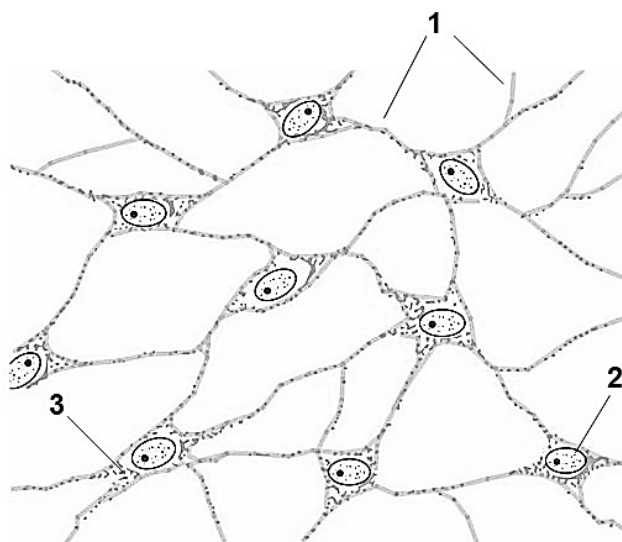
Fibrocyty sú neaktívnou formou fibroblastov. Majú štíhly vretenovitý tvar, cytoplazma sa farbí acidofilne/eozinofilne. Bunkové jadro je štíhle, tmavo bazofilne sfarbené s obsahom heterochromatínu.



Obr. 21 Fibroblast vs. fibrocyt: 1 – fibroblast, 1a – cytoplazmatický výbežok, 1b – cytoplazma, 1c – bunkové jadro; 2 – fibrocyt, 2a – bunkové jadro, 2b – cytoplazma, 2c – tenký cytoplazmatický výbežok (upravené podľa Mailleta, 1976)

Myofibroblasty sú bunky podobné fibroblastom, nachádzajú sa vo väzive a sú nevyhnutné pri hojení rán a zápale (majú sekrečnú a kontraktilnú funkciu).

Retikulárne bunky sú veľké bunky hviezdcovitého tvaru s početnými výbežkami. Jadro je veľké, okrúhle až oválne, svetlo bazofilne sfarbené, uložené v strede bunky. Viditeľné môžu byť aj jedno až dve jadierka. Retikulárne bunky sa vyskytujú v retikulárnom väzive lymfatických (lymfatické uzliny, slezina) a krvotvorných orgánov (kostná dreň). Syntetizujú kolagén typu III a niektoré sú schopné fagocytózy.



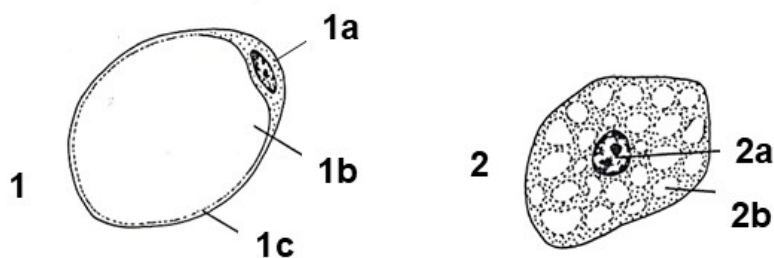
Obr. 22 Retikulárne bunky: 1 – dlhé a tenké cytoplazmatické výbežky retikulárnych buniek, 2 – bunkové jadro, 3 – cytoplazma (upravené podľa Mailleta, 1976)

Pigmentové bunky sú bunky podlhovastého tvaru s obsahom pigmentu melanínu vo svojej cytoplazme a cytoplazmatických výbežkoch. Sú pôvodom z neuroektodermy. Vyskytujú sa v pigmentovaných častiach kože, vo väzive očnej dúhovky a cievky.

Tukové bunky (adipocyty, lipocyty) sa v organizme vyskytujú jednotlivo, v skupinkách alebo vytvárajú tukové väzivo. Histologicky sa rozlišujú dva druhy tukových buniek:

a) univakuolárne adipocyty – veľké okrúhle bunky (40 – 120 μm) obsahujúce jednu veľkú tukovú vakuolu, ktorá vytláča šošovkovité jadro a cytoplazmu bunky na perifériu. Tuk v tukových vakuolách je pri bežnom histologickom spracovaní preparátu rozpustený a teda nie je farbiteľný. Univakuolárne adipocyty tvoria **biele tukové väzivo**, ktoré je zastúpené v podkožnom väzive, okolo vnútorných orgánov, je súčasťou mezenterii a retroperitoneálneho priestoru,

b) multivakuolárne adipocyty majú oválny tvar, centrálnne uložené okrúhle až oválne jadro a v cytoplazme sa nachádza väčšie množstvo drobných tukových vakuol a mitochondrií. Tvoria **hnedé tukové väzivo**, ktoré sa vyskytuje u novorodencov, v okolí týmusu a u dospelých ostáva prítomné v okolí obličiek a nadobličiek.



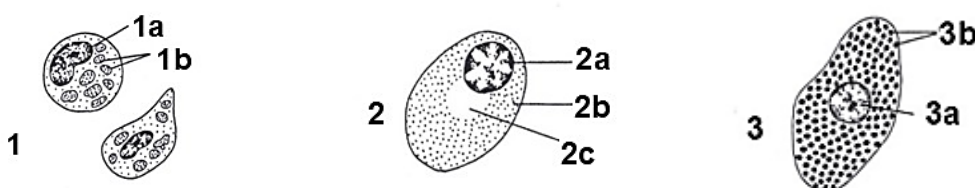
Obr. 23 Tukové bunky (adipocyty, lipocyty): 1 – univakuolárny adipocyt, 1a – bunkové jadro, 1b – tuková vakuola, 1c – cytoplazma; 2 – multivakuolárny adipocyt, 2a – bunkové jadro, 2b – tukové vakuoly v cytoplazme (upravené podľa Mailleta, 1976)

Voľné (pricestované) bunky väziva

Väzivové makrofágy (histiocyty) sú bunky, ktoré sa v kludovom režime vyznačujú vretenovitým tvarom. Po aktivácii sa zaguľatia a transformujú sa na bunky schopné fagocytózy s oválnym jadrom a penovitým vzhľadom (vakuolizácia) cytoplazmy.

Plazmatické bunky (plazmocyty) majú ovoidný (vajcovitý) tvar, excentricky uložené okrúhle jadro s lúčovito usporiadaným chromatínom. Cytoplazma je bazofilne sfarbená kvôli bohatu zastúpenému GER, dobre vyvinutý je aj GA. Plazmatické bunky produkujú protilátky – imunoglobulíny, ktoré vylučujú do extracelulárneho priestoru. Plazmatické bunky sú prítomné v riedkom kolagénovom väzive črevných klkov a v retikulárnom väzive lymfatických orgánov.

Žirné bunky (mastocyty) sú oválneho tvaru s okrúhlym jadrom. V cytoplazme sa nachádzajú bazofilne sa farbiace sekrétne granuly s obsahom heparínu a histamínu.



Obr. 24 Voľné (pricestované) bunky väziva: 1 – histiocyty, 1a – bunkové jadro, 1b – vakuoly v cytoplazme; 2 – plazmatická bunka, 2a – bunkové jadro, 2b – cytoplazma, 2c – presvetlenie cytoplazmy v dôsledku prítomnosti rozsiahleho Golgiho komplexu/aparátu; 3 – žirna bunka (mastocyt), 3a – bunkové jadro, 3b – sekrétne granuly (upravené podľa Mailleta, 1976)

5.2.3 Vlákňitá zložka medzibunkovej hmoty

Kolagénové vlákna sú odolné na ťah a dodávajú väzivu pevnosť. Chemicky sú zložené z kolagénu typu I, ktorý je v ľudskom tele najčastejšie zastúpený. V preparátoch môžu mať vlákna priamy alebo zvlnený priebeh. Hrúbka kolagénových vlákien kolíše medzi 1 – 5 μm , pričom sú schopné vytvárať zväzky vlákien hrubé 30 –

40 µm. V histologických preparátoch sú pri základnom histologickom farbení HE acidofilné/eozinofilné.

Retikulárne vlákna sú jemné 0,2 – 2 µm hrubé vlákna, ktoré sa môžu vetviť, spájať a vytvárať sieťovité štruktúry. Chemicky sú zložené z kolagénu typu III. Nachádzajú sa okolo krvných kapilár, svalových vlákien, sekrčných oddielov žliaz, pľúcnych alveolov, formujú „opornú trojrozmernú priestorovú sieť“ tzv. **retikulum** lymfatických a krvotvorných orgánov. Sú PAS pozitívne a argyrofilné. Rutinnou farbiacou metódou HE sa nezvýrazňujú.

Elastické vlákna sú pružné štruktúry, ktoré môžu vytvárať siete (v riedkom kolagénovom väzive), byť usporiadané longitudinálne a tvoriť elastické väzy alebo môže elastický materiál vytvárať elastické membrány v artériach. Elastické vlákna vykazujú slabú afinitu k eozínu, sú selektívne farbiteľné orceínom alebo rezorcín-fuchsínom.

5.2.4 Amorfná zložka medzibunkovej hmoty

V svetelnom mikroskope sa amorfná medzibunková hmota javí ako bezštruktúrna (homogénna) substancia. Z chemického hľadiska obsahuje veľké množstvo vody, iónov, glykozaminoglykánov, štruktúrnych glykoproteínov a proteoglykánov. Podiel jednotlivých zložiek amorfnej medzibunkovej hmoty sa líši v jednotlivých typoch väziva.

5.2.4 Typy väziva

Podľa zastúpenia a vzájomného usporiadania buniek a medzibunkovej hmoty je väzivo rozdelené na:

1. Riedke kolagénové väzivo

2. Husté/tuhé kolagénové väzivo:

- a) usporiadané,
- b) neusporiadané.

3. Retikulárne väzivo

4. Elastické väzivo

5. Tukové väzivo:

- a) biele,
- b) hnedé.

6. Rôsolovité väzivo

7. Embryonálne väzivo:

- a) mezenchým,
- b) rôsolovité väzivo.

Riedke kolagénové (areolárne) väzivo je v ľudskom organizme veľmi rozšírené. Je dobre vaskularizované a inervované. Plní najmä podpornú funkciu – nachádza sa pod

epitelmi, obaľuje krvné a lymfatické cievy a vyplňuje priestory medzi svalovými bunkami a vláknami.

Riedke kolagénové väzivo je bohaté na bunky, predovšetkým **fibroblasty**, **fibrocyty** a **histiocyty**. V závislosti od lokalizácie môže obsahovať aj vysoký počet **lymfocytov** a **plazmatických buniek** (napr. väzivo črevných klkov). V okolí krvných ciev sa často nachádzajú aj **mastocyty** alebo leukocyty pricestované z krvnej cirkulácie.

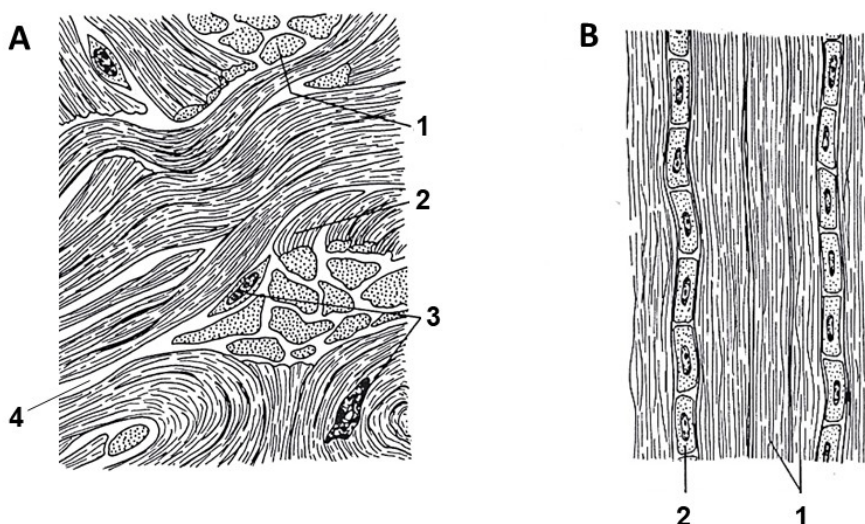
Jeho vláknitú zložku tvorí najmä **jemná sieť tenkých kolagénových vlákien**, ktoré sa farbia **acidofilne/eozinofilne**. V niektorých oblastiach (napr. v dermis kože), sú prítomné aj **elastické** a **retikulárne vlákna**, ktoré si vyžadujú špeciálne histologické farbenie na ich zobrazenie.

Množstvo základnej amorfnej medzibunkovej hmoty sa môže líšiť v závislosti od funkčného zaťaženia konkrétnej oblasti.

Husté (tuhé) kolagénové väzivo je bohaté na pomerne **hrubé zväzky kolagénových vlákien**. Bunky sú zastúpené v menšej miere, najčastejšie prítomné sú **fibrocyty** a štíhle **makrofágy**. Na základe usporiadania zväzkov kolagénových vlákien sa rozlišujú **2 typy hustého kolagénového väziva**:

a) husté neusporiadané kolagénové väzivo – hrubé zväzky kolagénových vlákien sa vzájomne plstovito prepletajú. Medzi zväzkami kolagénových vlákien sú uložené najmä štíhle fibrocyty a makrofágy. Tento typ väziva nachádzame v dermis kože (*stratum reticulare*) a vo väzivových obaloch niektorých orgánov (napr. slezina, lymfatické uzliny, pečeň),

b) husté usporiadané kolagénové väzivo – hrubé zväzky kolagénových vlákien prebiehajú paralelne v jednom smere s minimálnym zastúpením amorfnej medzibunkovej hmoty. Medzi jednotlivými vláknami sú uložené oploštené a štíhle fibrocyty – nazývané aj tendinocyty. Tento typ väziva tvorí šľachy, väzy a aponeurózy.



Obr. 25 Husté kolagénové väzivo: **A** – neusporiadané: 1 – hrubý zväzok kolagénových vlákien na priečnom reze, 2 – hrubý zväzok kolagénových vlákien na pozdĺžnom reze, 3 – väzivové bunky (fibroblast/fibrocyt); **B** – usporiadané: 1 – rovnobežne (paralelne) usporiadané hrubé zväzky kolagénových vlákien na pozdĺžnom reze, 2 – väzivové bunky (fibroblasty/fibrocyty) (upravené podľa Mailleta, 1976)

Retikulárne väzivo sa skladá z **retikulárnych buniek** hviezdicovitého tvaru, ktoré sú pospájané svojimi dlhými a tenkými výbežkami cytoplazmy. Bunky s **retikulárnymi vláknami** a vytvárajú trojrozmernú sieť – retikulum. Retikulárne väzivo tvorí opornú sieť lymfatických (napr. slezina) a krvotvorných orgánov (napr. červená kostná dreň).

Elastické väzivo je tvorené **elastickými membránami** s prítomnými **hladkými svalovými bunkami** medzi nimi (stena elastických artérií) alebo paralelne usporiadanými zväzkami elastických vlákien s plochými **fibroblastami** uloženými medzi nimi (elastické väzy – napr. *ligamenta flava* chrbtice).

Tukové väzivo je tvorené najmä **tukovými bunkami – adipocytmi**. Rozlišujeme dve formy tukového väziva:

Biele tukové väzivo je zložené z veľkých **univakuolárnych adipocytov**, ktoré sú obklopené sieťou retikulárnych vlákien a minimom amorfnej hmoty. Tukové väzivo je usporiadané do lalôčikov oddelených väzivovými prepážkami z kolagénového väziva, v ktorých prebiehajú krvné cievy a nervy.

Hnedé tukové väzivo je tvorené menšími **multivakuolárnymi adipocytmi**, okolo ktorých sa nachádza malé množstvo amorfnej hmoty a retikulárnych vlákien. Hnedé tukové väzivo je veľmi dobre vaskularizované a inervované. Je typické hlavne pre novorodencov, u ktorých tvorí približne 2 – 5 % hmotnosti tela a má dôležitú termoregulačnú funkciu.

Mezenchýmové (embryonálne) väzivo je prítomné u človeka iba počas embryonálneho vývinu. Dáva vznik všetkým typom spojivových tkanív, krvných elementov, krvných a lymfatických ciev. Mezenchým je tvorený hviezdicovitými **mezenchýmovými bunkami** s cytoplazmatickými výbežkami. Kolagénové vlákna sú jemné, tenké a málo početné. Amorfná hmota je tekutá a hojne zastúpená.

Rôsolovité väzivo sa vyskytuje v pupočníku (Whartonov rôsol), tvorí *nucleus pulposus* medzistavcovej platničky a nachádza sa v zubnej dreni mladých vyvíjajúcich sa zubov. **Fibroblasty hviezdicovitého tvaru** produkujú tenké a jemné kolagénové vlákna. V rôsolovitom väzive dominuje amorfná hmota, ktorá má rôsolovitý charakter.

Otázky:

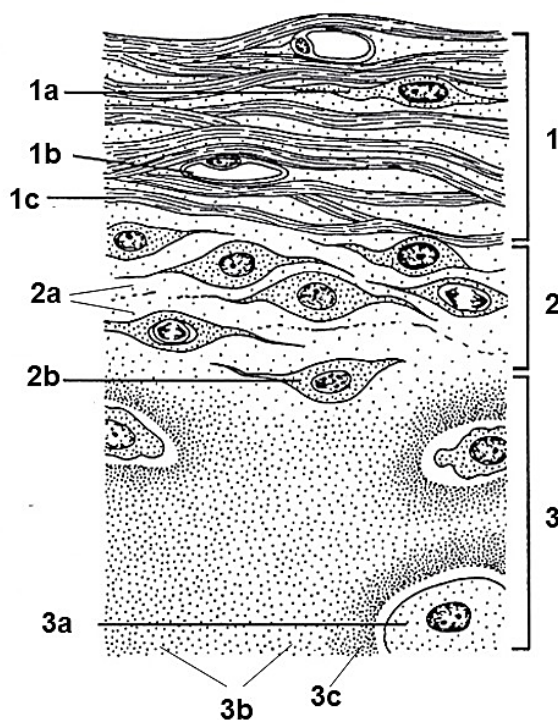
1. Vymenuj fixné bunky väziva.
2. Vymenuj voľné bunky väziva.
3. Aké typy vlákien sú najčastejšie prítomné vo väzive?
4. Aký je rozdiel medzi fibroblastami a fibrocytmi?
5. Aký typ kolagénu je najčastejšie prítomný v ľudskom tele?
6. Aká je základná vlastnosť elastických vlákien?
7. Kde sa v ľudskom tele nachádza rôsolovité väzivo?
8. Akým typom väziva je tvorená šľacha?
9. Aká je funkcia plazmatických buniek?
10. Do akých útvarov je usporiadané tukové väzivo?

5.3 Chrupka

5.3.1 Všeobecná charakteristika chrupky

Chrupka (lat. *cartilago*, gr. *chondros*) je **bezcievne (avaskulárne) tkanivo**, ktoré spoločne s kostným tkanivom patrí k podpornému spojivovému tkanivu. Vlastná chrupka okrem toho, že neobsahuje krvné a lymfatické cievy, nemá ani nervové vlákna. Je odolná voči mechanickým vplyvom vďaka svojej pružnosti a pevnosti. Odoláva tlaku aj treniu. Má polotuhú konzistenciu vďaka schopnosti viazať veľké množstvo vody, čo umožňuje chrupke tlmiť nárazy. Je schopná mechanickej záťaže bez trvalej deformácie.

Na povrchu chrupky sa nachádza obal – **perichondrium** (*perichondrium*), ktoré obsahuje cievy a nervy. Perichondrium spevňuje, chráni a vyživuje chrupku. Skladá sa z **vonkajšej vláknitej vrstvy** (*stratum fibrosum*), zloženej z hustého kolagénového väziva a z **vnútornej chondrogénnej bunkovej vrstvy** (*stratum chondrogenicum*) obsahujúcej chondroblasty, ktoré sa postupne diferencujú na chondrocyty. Hranica medzi chrupkou a perichondriom nie je ostrá.



Obr. 26 Perichondrium: 1 – *stratum fibrosum*, 1a – fibroblast, 1b – cieva, 1c – hrubý zväzok kolagénových vlákien; 2 – *stratum chondrogenicum*, 2a – medzibunková hmota, 2b – chondroblast; 3 – vlastná chrupka, 3a – chondrocyt v lakúne, 3b – interteritoriálny matrix, 3c – teritoriálny (kapsulárny) matrix (upravené podľa Mailleta, 1976)

Chrupka je zložená z **buniek** a **medzibunkovej hmoty (matrix chrupky)**. Medzi bunky chrupky patria **chondroblasty**, **chondrocyty** a **chondroklasty**. **Chondroblasty** sú malé vretenovité bunky uložené vo vnútornej chondrogénnej vrstve perichondria. **Chondrocyty** sú uložené v **dutinkách (lakúnach)**. **Chondroklasty** sú

obrovské mnohoadrové bunky patriace do monocytomakrofágového systému a sú zodpovedné za resorpciu chrupky. Medzibunková hmota je zložená z veľkého množstva amorfnej a vláknitej zložky. **Amorfná zložka** je tvorená glykozaminoglykánmi, proteoglykánmi a štruktúrnymi glykoproteínmi. **Vláknitá zložka** je u všetkých troch typov chrupiek tvorená z **kolagénových fibríl** zložených z **kolagénu typu II**, ktorý je pod rozlišovacou schopnosťou svetelného mikroskopu. Elastická chrupka obsahuje aj **elastické vlákna** a väzivová chrupka obsahuje aj **kolagénové vlákna** zložené z **kolagénu typu I**, ktoré majú tendenciu tvoriť hrubé zväzky. Chrupka má u dospelého človeka minimálnu regeneračnú schopnosť. Pri poranení sa hojí pomocou väzivovej jazvy, avšak u malých detí je schopná čiastočnej regenerácie.

Chrupka rastie dvomi základnými spôsobmi:

- a) intersticiálnou proliferáciou** – mitotickým delením chondrocytov v centre chrupky,
- b) apozíciou** – diferenciáciou nových chondrocytov z buniek perichondria.

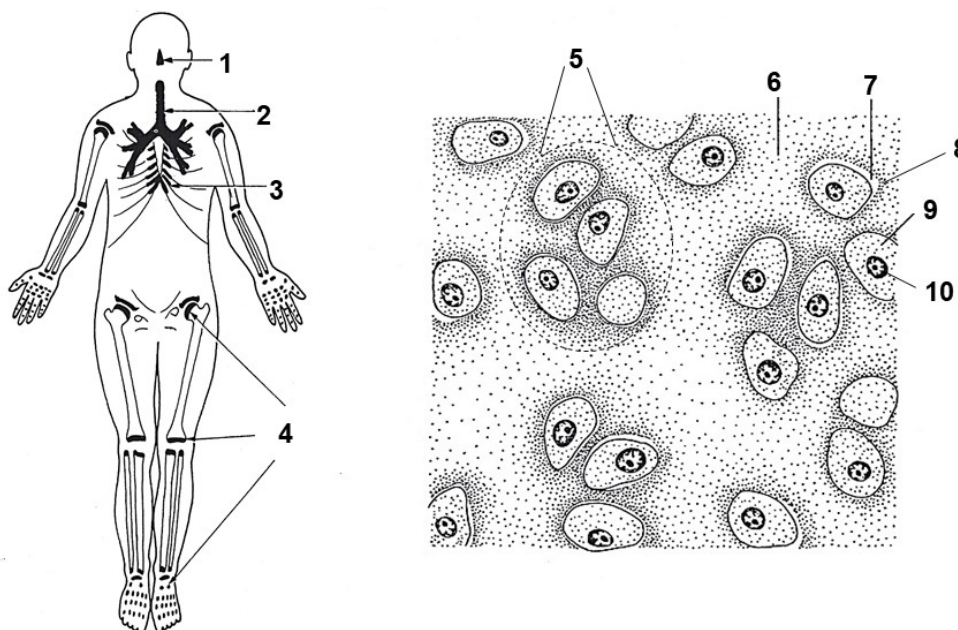
Podľa histologickej stavby a zloženia je chrupka rozdelená na tri typy:

- a) hyalínová chrupka,**
- b) elastická chrupka,**
- c) väzivová chrupka.**

5.3.2 Hyalínová chrupka

Hyalínová chrupka (*cartilago hyalina*) má makroskopicky **modrobielu farbu**, je **priesvitná** a má **sklovitý vzhľad**. Predstavuje najrozšírenejší typ chrupky. Tvorí prevažnú časť dočasného skeletu vyvíjajúceho sa plodu, u detí tvorí **rastovú platničku** medzi epifýzou a diafýzou, **pokrýva kĺbové plochy** pohyblivých kĺbov. U dospelého človeka tvorí chrupkové **konce rebier** a je **súčasťou steny určitých úsekov dýchacích ciest**.

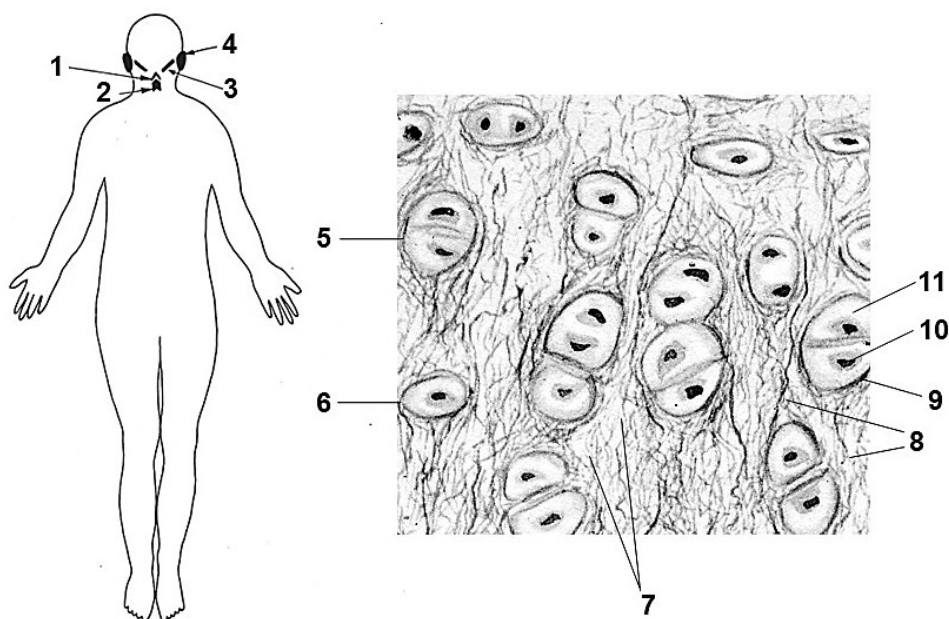
Na povrchu je hyalínová chrupka pokrytá **perichondriom**. Chrupka lokalizovaná na kĺbových plochách, kde perichondrium chýba, je výživovaná zo synoviálnej tekutiny. Vekom hyalínová chrupka podlieha kalcifikácii. Na periférii uložené chondrocyty majú oválny tvar a hlbšie uložené chondrocyty sú už okrúhleho tvaru. Chondrocyty sa počas tvorby chrupky mitoticky delia a tak vznikajú **izogenetické skupiny v počte 3 – 8 chondrocytov**, alebo mitotickým delením v rastovej platničke **izogenetické rady**. Izogenetické skupiny alebo rady vznikajú delením 1 „materského“ chondrocytu. Základnou funkciou chondrocytov je produkcia všetkých organických zložiek medzibunkovej hmoty chrupky. **Medzibunková hmota (matrix chrupky)**, ktorá bezprostredne obklopuje izogenetické skupiny chondrocytov je bazofilná a vytvára bazofilné puzdro – **teritoriálny (kapsulárny) matrix**. Obsahuje veľa glykozaminoglykánov, ktoré spôsobujú výraznú bazofíliu. Izogenetické skupiny chondrocytov spolu s teritoriálnym matrixom vytvárajú **chondróny**. Základná hmota medzi chondrónmi je svetlejšia a nazýva sa **interteritoriálny matrix**.



Obr. 27 Hyalínová chrupka – distribúcia v tele a štruktúra: 1 – *septum nasi*, 2 – *trachea*, 3 – *cartilago costalis*, 4 – kĺbová chrupka, 5 – izogenetická skupina chondrocytov, 6 – interteritoriálny matrix, 7 – *lacuna cartilaginea* s chondrocytom, 8 – teritoriálny (kapsulárny) matrix, 9 – cytoplazma chondrocytu, 10 – bunkové jadro chondrocytu (upravené podľa Mailleta, 1976)

5.3.3 Elastická chrupka

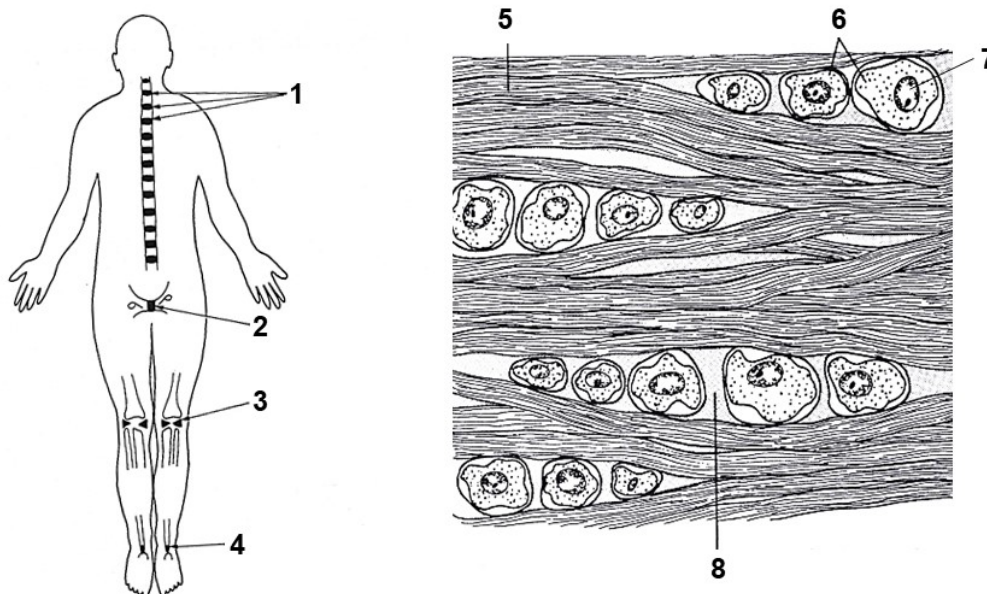
Elastická chrupka (*cartilago elastica*) je makroskopicky **žltkastej farby** (vďaka obsahu elastínu). Vyskytuje sa v ľudskom tele v menšom rozsahu ako hyalínová chrupka. Zabezpečuje pružnú oporu mäkkých tkanív. Nachádza sa v **stene Eustachovej trubice**, v stene **vonkajšieho zvukovodu**, vystužuje **ušnicu**, tvorí niektoré **malé chrupky hrtanu**. Vekom nepodlieha kalcifikácii. Na jej povrchu sa nachádza **perichondrium**. V medzibunkovej hmote sa nachádzajú **kolagénové fibrily** zložené z kolagénu typu II a **početné elastické vlákna**, ktoré prevládajú nad amorfnou hmotou a tvoria husté siete. Elastické vlákna nie sú maskované amorfnou medzibunkovou hmotou, ktorá je u elastickej chrupky v menšom zastúpení ako u hyalínovej chrupky. Elastické vlákna dodávajú chrupke vyššiu odolnosť na ohyb aj tlak v porovnaní s hyalínovou chrupkou. **Chondrocyty** sú uložené **v lakúnach jednotlivé**, alebo **vo dvojiciach** pripomínajúcich „kávové zrnká“. Obsahuje viac chondrocytov ako hyalínová chrupka.



Obr. 28 Elastická chrupka – distribúcia v tele a štruktúra: 1 – *epiglottis*, 2 – malé chrupky hrtana, 3 – Eustachova trubica, 4 – ušnica, 5 – dvojica chondrocytov, 6 – samostatný chondrocyt, 7 – chrupkový matrix, 8 – elastické vlákna v matrixe, 9 – *capsula lacunae*, 10 – bunkové jadro chondrocytu, 11 – cytoplazma chondrocytu (upravené podľa Mailleta, 1976)

5.3.4 Väzivová chrupka

Väzivová chrupka (*cartilago fibrosa*) je makroskopicky **bielej farby**. Predstavuje prechod medzi hustým kolagénovým väzivom a hyalínovou chrupkou. Nachádza sa v miestach, kde je potrebná pevná a tlmivá opora kostí. Zabezpečuje odpruženie susedných stavcov, pevnosť v ťahu a odolnosť voči tlaku. Je **súčasťou medzistavcovej platničky (*annulus fibrosus*)**, tvorí **menisky** kolenného kĺbu, **chrupkové úpony niektorých šliach**. Obsahuje menšie množstvo amorfnej medzibunkovej hmoty. Vlákňitú zložku medzibunkovej hmoty tvoria **kolagénové fibrily** zložené z **kolagénu typu II** a **hrubé paralelne prebiehajúce zväzky kolagénových vlákien** zložené z **kolagénu typu I**. Menšie oválne **chondrocyty** sú uložené **jednotlivo**, alebo vytvárajú **izogenetické rady** medzi zväzkami kolagénových vlákien. Kolagénové vlákna sú dobre viditeľné v histologických preparátoch. Väzivová chrupka **nie je pokrytá perichondriom**.



Obr. 29 Väzivová chrupka – distribúcia v tele a štruktúra: 1 – *discus intervertebralis*, 2 – *symphysis ossis pubis*, 3 – menisky, 4 – inzercia šliach, 5 – hrubé zväzky kolegénových vlákien, 6 – cytoplazma chondrocytov, 7 – bunkové jadro chondrocytu, 8 – medzibunkový matrix (upravené podľa Mailleta, 1976)

Otázky:

1. Vymenuj a charakterizuj základné typy buniek chrupky.
2. Čo sa nachádza na povrchu chrupky?
3. Obsahuje chrupka cievy a nervy?
4. Aký typ kolagénu je typický pre chrupku?
5. Uvedte 2 príklady na lokalizáciu každého typu chrupky.
6. Charakterizuj histologickú štruktúru hyalínovej chrupky.
7. Charakterizuj histologickú štruktúru elastickej chrupky.
8. Charakterizuj histologickú štruktúru väzivovej chrupky.

5.4 Kostné tkanivo

5.4.1 Všeobecná charakteristika kostného tkaniva

Kostné tkanivo (*textus osseus*) je **tvrdé podporné spojivé tkanivo**, ktorého **medzibunková hmota (kostný matrix)** je **mineralizovaná**. V priebehu života dochádza k neustálej prestavbe (remodelácii) kostného tkaniva, pričom u dospelého človeka sa ročne remodeluje približne 10 % kostného tkaniva. Tento typ spojivového tkaniva je hlavným komponentom kostí (kosť = orgán). Jeho základnou funkciou je **opora a ochrana mäkkých orgánov** a je zároveň **miestom hematopoézy** (červená kostná dreň). Sekundárne sa kostné tkanivo **zúčastňuje aj udržiavania homeostázy**, keďže predstavuje zásobáreň minerálnych látok, najmä vápnika.

5.4.2 Histologické spracovanie kostného tkaniva

Z histologického hľadiska je spracovanie vzoriek kostného tkaniva náročné kvôli jeho vysokej mineralizácii. Na zhotovenie preparátov z kostného tkaniva sa využívajú dve základné metódy spracovania:

a) odvápnenie (dekalifikácia),

b) zhotovenie výbrusov.

Dekalcifikácia je najčastejšou metódou, pri ktorej sa používajú slabé organické alebo anorganické kyseliny prípadne komplexotvorné zlúčeniny (chelatóny). Po dekalifikácii sa kostné tkanivo najčastejšie zalieva do zalievacieho média (celoidínu). Narezané histologické rezy je následne možné ofarbiť bežnými farbiacimi metódami, prípadne je možné využiť aj histochemické alebo imunohistochemické metódy.

Zhotovenie výbrusov patrí ku náročnejším metódam zhotovenia histologických preparátov. Vzorka kostného tkaniva sa nareže na tenké platničky, ktoré sú následne pomocou brúsneho papiera a brúsnej pasty vybrúsené (stenčené) do požadovanej hrúbky. Výbrusy sa zvyčajne ďalej nefarbia a v svetelnom mikroskope sa pozoruje prirodzený kontrast medzi jednotlivými štruktúrami kostného tkaniva.

5.4.3 Mikroskopická štruktúra kostného tkaniva

Keďže kostné tkanivo patrí medzi spojivé tkanivá, jeho zloženie zodpovedá základnému výstavbovému princípu spojív. Skladá sa z **buniek a medzibunkovej hmoty (kostného matrixu)**, ktorá obsahuje vlákna, amorfnú hmotu a anorganickú časť – najmä **kryštáliky hydroxyapatitu**.

Bunky kostného tkaniva

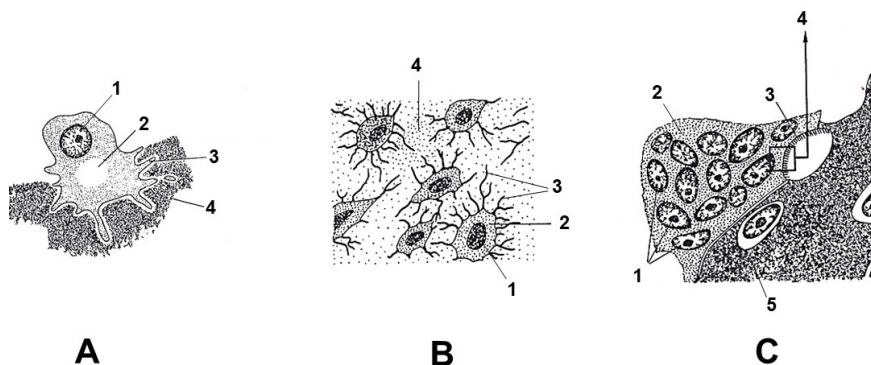
Bunkovú populáciu kostného tkaniva tvoria **štyri základné typy buniek**:

a) osteoprogenitorové bunky (preosteoblasty),

b) osteoblasty,

c) osteocyty,

d) osteoklasty.



Obr. 30 Bunky kostného tkaniva: **A** – osteoblast: 1 – bunkové jadro, 2 – cytoplazma s presvetlením v dôsledku prítomnosti rozsiahleho Golgiho komplexu/aparátu, 3 – cytoplazmatický výbežok, 4 – osteoid; **B** – osteocyty: 1 – bunkové jadro, 2 – cytoplazma, 3 – medzibunkový matrix; **C** – osteoklast: 1 – bunkové jadrá, 2 – cytoplazma, 3 – zvlnený lem, 4 – miesto aktívnej sekrécie s uvoľňovaním enzýmov a organických kyselín s deštrukciou kostného matrixu, 5 – intaktný kostný matrix s osteocytmí v lakúnach (upravené podľa Mailleta, 1976)

Osteoprogenitorové bunky (preosteoblasty) sú mezenchýmového pôvodu. Morfologicky sú tieto bunky kostného tkaniva **vretenovitého až oplošteného tvaru**. Obsahujú oválne aktívne **euchromatické bunkové jadro** a **bazofilnú cytoplazmu**. Osteoprogenitorové bunky sú **lokalizované na povrchoch kostného tkaniva** (sú súčasťou endostu a vnútornej vrstvy periostu). Patria medzi **aktívne bunky**, ktoré sú schopné mitotického delenia a tiež diferenciácie na osteoblasty.

Osteoblasty vznikajú z osteoprogenitorových buniek. Tvar osteoblastov sa mení v závislosti od ich aktivity. Zvyčajne **majú osteoblasty kubický tvar**, avšak v prípade zníženia ich aktivity nadobúdajú tvar **plochý** a naopak pri zvýšení aktivity môžu dosahovať **až výšku nízkych cylindrických buniek**. Aktívne **euchromatické bunkové jadro osteoblastov** je **okrúhle až oválne**. **Cytoplazma je bazofilná**, vzhľadom na vyšší podiel granulovaného endoplazmatického retikula. Osteoblasty vytvárajú na povrchoch kostného tkaniva jednu vrstvu buniek, majú **epiteloidné usporiadanie**. Z funkčného hľadiska sa osteoblasty podieľajú na produkcii **organickej zložky kostného matrixu – osteoidu**, ktorý ešte nie je mineralizovaný a v svetelnom mikroskope sa farbí eozinofilne. Osteoblasty sa zároveň zúčastňujú procesu mineralizácie kostného matrixu. Ak sa osteoblast zanorí/obklopí mineralizovaným kostným matrixom, dochádza ku diferenciácii osteoblastu na osteocyt.

Osteocyty vznikajú z osteoblastov a sú úplne obklopené mineralizovaným kostným matrixom. Morfologicky majú osteocyty **oválne** (mandľovitého tvaru) **telo, z ktorého odstupujú dlhé tenké cytoplazmatické (filopodiálne) výbežky**. Výbežky susedných osteocytov vzájomne komunikujú. Vzhľadom na tvrdosť okolitého kostného matrixu, je telo osteocytu uložené vždy samostatne, jednotlivo v **dutinke (lacuna ossium)** a výbežky prechádzajú úzkymi kanálikmi (**canaliculli ossium**). Osteocyty sú menej metabolicky aktívne. Ich **oválne bunkové jadro** je **tmavšie bazofilné** nakoľko obsahuje vyšší podiel heterochromatínu. **Cytoplazma osteocytov je eozinofilná**. Aj

keď sú osteocyty menej aktívne bunky, zúčastňujú sa udržiavania kostnej hmoty, zabezpečujú transport látok, regulujú prestavbu kostného tkaniva a zúčastňujú sa aj regulácie koncentrácie vápnika.

Osteoklasty sú najväčšími bunkami kostného tkaniva a sú zaradené do monocytomakrofágového systému. Z morfológického hľadiska sú osteoklasty **veľké mnohohjadrové bunky**, ktoré **môžu obsahovať 5 až 50 okrúhlych aktívnych jadier**, ktoré sú lokalizované vždy na odvrátenej strane od povrchu kostného tkaniva. **Cytoplazma osteoklastov je výrazne eozinofilná**, pretože obsahuje zvýšený počet mitochondrií a dobre rozvinutý lyzozomálny aparát. Osteoklasty sa nachádzajú na povrchoch kostného tkaniva v priehlbínke nazývanej **Howshipova lakúna**. Hlavnou funkciou osteoklastov je enzymatická demineralizácia a odbúravanie kostného tkaniva.

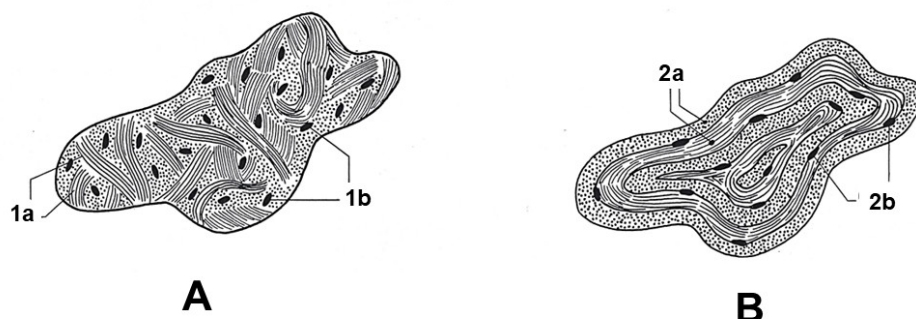
Medzibunková hmota

Medzibunková hmota kostného tkaniva (kostný matrix) sa skladá z **vláknitej** a **amorfnej zložky**, ktoré predstavujú organickú časť kostného matrixu a anorganickej časti, ktorá prevláda (65 %) a je tvorená najmä **kryštálkami hydroxyapatitu**. Vláknitá zložka kostného matrixu je zložená z **kolagénových vlákien** (kolagén typu I), na základe ktorých sa **kostný matrix** v svetelnom mikroskope **sfarbuje eozinofilne**. Organizácia kolagénových vlákien sa líši v závislosti od typu kostného tkaniva. Amorfná hmota pozostáva najmä z glykozaminoglykánov, proteoglykánov a štruktúrnych proteínov, ktoré majú nielen štruktúrnu funkciu, ale uplatňujú sa aj pri mineralizácii kostného tkaniva.

5.4.4 Klasifikácia kostného tkaniva

Kostné tkanivo sa klasifikuje na **dva základné typy**:

- a) primárne** (dočasné, vláknité, nezrelé) **kostné tkanivo**,
- b) sekundárne** (lamelárne, zrelé) **kostné tkanivo**: vyskytuje sa vo forme **kompaktného a špongiózneho** (hubovitého) **kostného tkaniva**.



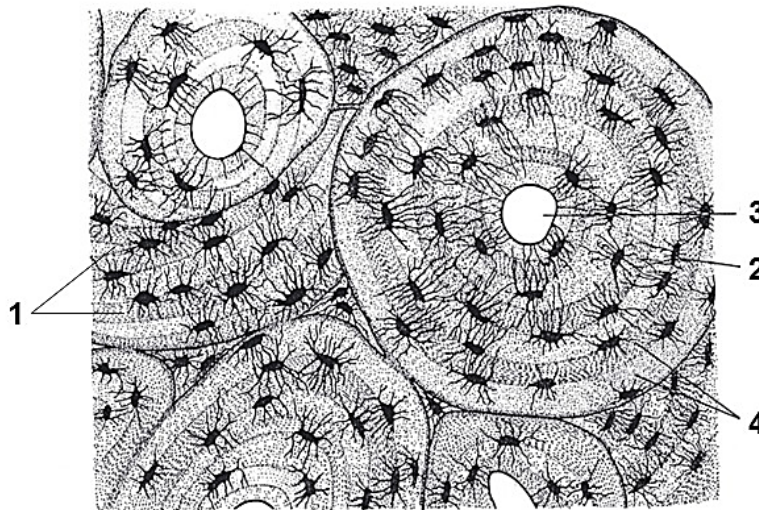
Obr. 31 Typy kostného tkaniva: **A** – primárne kostné tkanivo: 1a – kolagénové vlákna, 1b – osteocyty v lakúnach; **B** – sekundárne kostné tkanivo: 2a – kostné platničky/lamely (*lamellae ossium*), 2b – osteocyty v lakúnach (upravené podľa Mailleta, 1976)

Primárne kostné tkanivo

Primárne kostné tkanivo vzniká v priebehu vývoja procesom osifikácie na podklade mezenchýmu (dezmogénna, intramembranózna osifikácia) alebo hyalínovej chrupky (endochondrálna osifikácia). **Primárne kostné tkanivo je len dočasným tkanivom**, ktoré je neskôr nahradené sekundárnym kostným tkanivom. V dospelosti sa primárne kostné tkanivo vyskytuje v malom množstve **v zubných lôžkach, v mieste úponov šliach na kosť a pri hojení zlomenín**. Z morfológického hľadiska sa primárne kostné tkanivo vyznačuje **vyšším podielom osteocytov** uložených v nepravidelných lakunách, **kolagénovými vláknami prebiehajúcimi všetkými smermi a nižším stupňom mineralizácie**.

Sekundárne kostné tkanivo

Základným znakom sekundárneho kostného tkaniva je prítomnosť **paralelne uložených mikroskopických kostných platničiek – kostných lamiel**, ktoré pozostávajú z paralelne usporiadaných kolagénových vlákien. Osteocyty sú v lamelárnom kostnom tkanive uložené v pravidelných lakunách medzi (zriedkavo v) lamelami a ich výbežky v *canaliculli ossium* prechádzajú cez lamely.



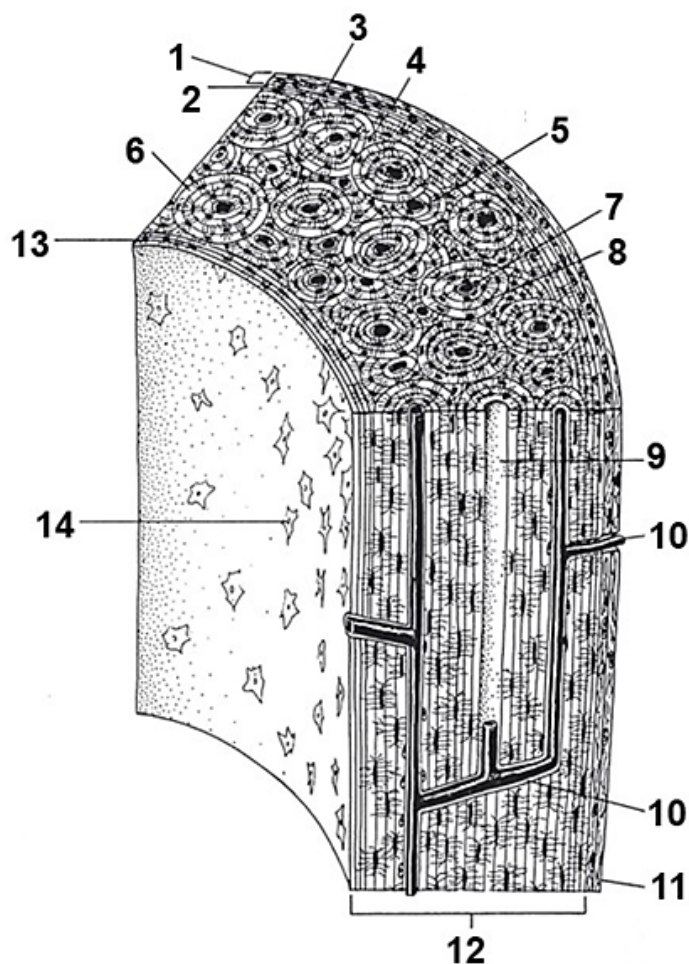
Obr. 32 Sekundárne kompaktné kostné tkanivo s osteónmi: 1 – cytoplazmatické (filopodiálne) výbežky osteocytov, 2 – osteocyty v lakúnach (*lacunae ossium*), 3 – Haversov centrálny kanál (*canalis centralis osteoni*), 4 – *lamellae ossium* (upravené podľa Mailleta, 1976)

Kompaktné lamelárne kostné tkanivo

Kompaktné kostné tkanivo sa anatomicky nachádza v dlhých kostiach na povrchu diafýzy a v tenkej vrstve aj na povrchu epifýzy. Ploché kosti lebky majú prítomné kompaktné kostné tkanivo vo forme vnútornej a vonkajšej platničky. Kompaktné kostné tkanivo vykazuje veľmi špecifické usporiadanie lamiel do štyroch lamelových systémov:

- a) vonkajšie plášťové lamely,
- b) Haversove systémy (osteóny),
- c) intersticiálne lamely,
- d) vnútorné plášťové lamely.

Na periférii kosti, priamo pod **periostom** sú uložené paralelné **vonkajšie plášťové lamely**. V centrálnej časti kompaktného kostného tkaniva sa nachádzajú **Haversove systémy (osteóny)** a **intersticiálne (vmedzerené) lamely**. Haversove systémy (osteóny) sú základnými stavebnými jednotkami kompaktného kostného tkaniva. Majú cylindrický tvar a sú uložené paralelne s dlhou osou kosti. Pozostávajú z koncentricky/cirkulárne uložených lamiel, ktoré sú uložené okolo Haversovho kanála. **Haversov kanál** je vystlaný endostom a prebiehajú v ňom krvná cieva a nerv. Susedné Haversove kanály vzájomne komunikujú šikmými/transverzálne prebiehajúcimi **Volkmanovými kanálmi** vystlanými endostom. Volkmanove kanály zároveň zabezpečujú aj distribúciu krvných ciev a nervov z periostu alebo z dreňovej dutiny kosti. Intersticiálne lamely sa nachádzajú pomedzi Haversove systémy a vznikajú po remodelácii pôvodných Haversových systémov. **Vnútorne plášťové lamely** sú uložené na vnútornom povrchu kosti smerujúcim do dreňovej dutiny. Počet vnútorných plášťových lamiel je zvyčajne nižší než počet vonkajších plášťových lamiel. Ich povrch je pokrytý vrstvou **endostu**.



Obr. 33 Systémy kostných lamiel v diafýze dlhej kosti: 1 – vonkajšia podvrstva periostu (*stratum fibrosum*), 2 – vnútorná kambiová podvrstva periostu (*stratum osteogenicum*), 3 – vonkajšie plášťové lamely, 4 – *canaliculi ossium*, 5 – intersticiálne (vmedzerené) lamely, 6 – osteón (Haversov systém), 7 – kostné lamely (*lamellae ossium*), 8 – osteocyt, 9 – Haversov kanál osteónu (*canalis centralis osteoni*), 10 – Volkmanov kanál (*canalis perforans*), 11 – periost (na pozdĺžnom reze), 12 – vrstva kompaktného kostného tkaniva „Haversovho“ typu, 13 – vnútorné plášťové lamely, 14 – bunky endostu (upravené podľa Mailleta, 1976)

Špongiózne (hubovité) lamelárne kostné tkanivo

Špongiózne kostné tkanivo je lokalizované vo vnútri kostí. V dlhých kostiach sa nachádza najmä v centre epifýz. V plochých kostiach lebky je centrálné uložené medzi platničkami kompaktného kostného tkaniva (*diploë*). Špongiózne kostné tkanivo **nevykazuje typické usporiadanie lamiel do lamelových systémov**. Len zriedkavo sa v ňom môžu vyskytnúť Haversove systémy. Paralelne uložené lamely tvoria **nepravidelné trámce** (kostné trabekuly), ktoré **sú vzájomne sieťovito poprepájané**. Na povrchu kostných trámecov sa nachádza tenká vrstva **endostu**. V dutinkách medzi kostnými trámcami je uložená **kostná dreň**.

5.4.5 Periost

Periost (okostica) **pokrýva vonkajší povrch kostného tkaniva**. Histologicky sa aktívna okostica **skladá z dvoch základných podvrstiev**:

- a) vonkajšia** (fibróznej, vláknitej),
- b) vnútorná** (kambiovej, osteogénnej).

Vonkajšia podvrstva je zložená z hustého usporiadaného kolagénového väziva, ktoré je bohaté najmä na hrubé zväzky kolagénových vlákien. Niektoré z kolagénových vlákien (Sharpeyove vlákna) menia svoj smer a kolmo sa vnárajú do kostného tkaniva pod periostom, čím zabezpečujú pevné pripojenie periostu ku kostnému tkanivu. Vonkajšia vrstva periostu zároveň obsahuje aj krvné cievy a nervy. **Vnútorná podvrstva** periostu je bohatá na osteoprogenitorové bunky, z ktorých sa postupne diferencujú osteoblasty.

5.4.6 Endost

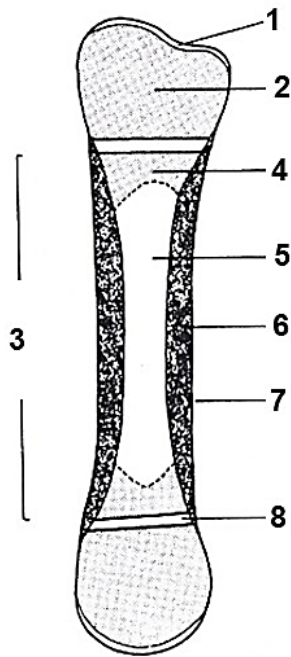
Endost **pokrýva vnútorný povrch kostného tkaniva**. Je zložený z tenkej vrstvičky riedkeho kolagénového väziva bohatého na retikulárne vlákna a **početné osteoprogenitorové bunky** meniace sa na osteoblasty. Endost je **vaskularizovaný a inervovaný**.

5.4.7 Kosti

Kostné tkanivo tvorí základ pre štruktúru samostatných orgánov **kostí (ossa)**, ktoré spolu tvoria kostru človeka.

Podľa tvaru sa kosti delia na:

- a) kosti dlhé** (stehnová kosť),
- b) krátke** (článok prsta),
- c) ploché** (čelová kosť lebky),
- d) kosti nepravidelného tvaru** (stavce).



Obr. 34 Dlhá kosť (os longum) – pozdĺžny rez: 1 – kĺbová chrupka, 2 – epifýza, 3 – diafýza, 4 – špongiózne (hubovité) kostné tkanivo pod metafýzou (rastovou platničkou), 5 – dreňová dutina kosti vystlaná endostom, 6 – kompaktné kostné tkanivo diafýzy, 7 – okostica (periost), 8 – rastová (metafyzárna) platnička (upravené podľa Mailleta, 1976)

Otázky:

1. *Stručne charakterizuj spôsoby spracovania kostného tkaniva v histológii.*
2. *Charakterizuj bunky kostného tkaniva.*
3. *Aký je rozdiel medzi primárnym a sekundárnym kostným tkanivom?*
4. *Ako je klasifikované kostné tkanivo?*
5. *Akú štruktúru a funkciu má periost a endost?*

6 Krv

Krv (*sanquis*) je v organizme **jediný komunikačný systém**, ktorý **spája všetky orgány v ľudskom tele**. Krv je telová tekutina červenej farby, ktorá cirkuluje v uzavretom systéme krvných ciev. Tvorí približne 7,5 % hmotnosti tela, čo predstavuje asi 5 – 6 litrov. Ženy majú v priemere o 10 % krvi menej ako muži – približne 4,5 litra.

Krv sa skladá z 2 základných zložiek:

a) krvnej plazmy (52 – 54 %),

b) formovaných krvných elementov (46 – 48 %).

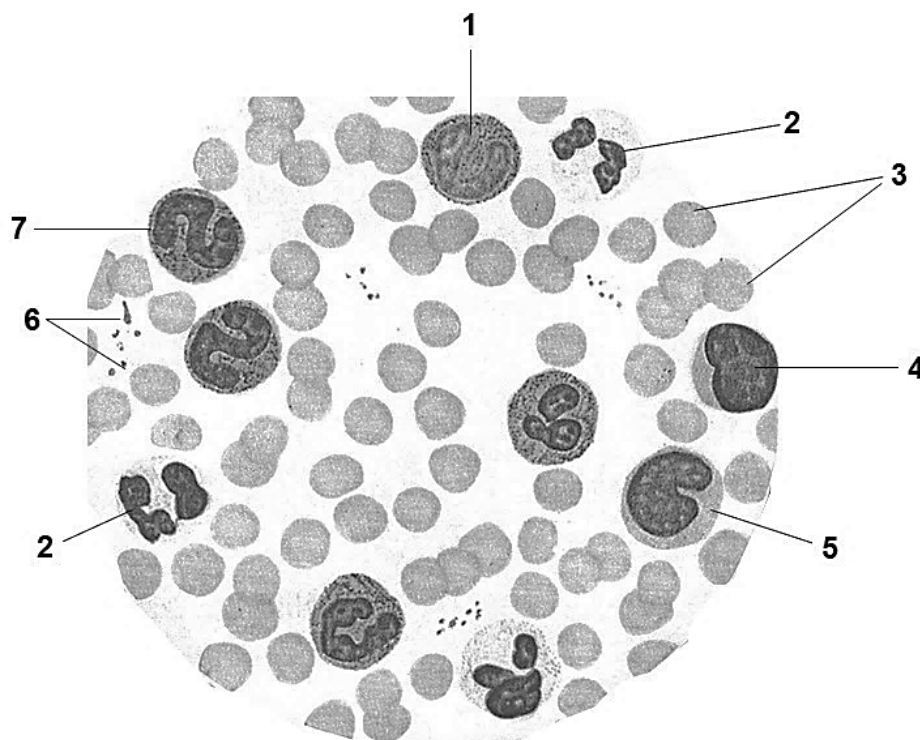
Krvná plazma je viskózna tekutina bledožltej farby. Približne 90 % plazmy tvorí voda, zvyšok predstavujú sacharidy, tuky, minerálne látky, vitamíny, hormóny, krvné bielkoviny albumíny, globulíny a fibrinogén, ktorý sa podieľa na zrážanlivosti krvi. Zrážaním krvi vzniká koagulum (krvný koláč) a krvné sérum. **Krvné sérum** neobsahuje bunky a má takmer totožné zloženie ako krvná plazma. Rozdiel je v obsahu bielkovín podmieňujúcich zrážanie krvi, ktoré krvné sérum v porovnaní s krvnou plazmou neobsahuje. **Formované krvné elementy sú** klasifikované na: červené krvinky – erytrocyty, biele krvinky – leukocyty a krvné doštičky – trombocyty. Krvné elementy sú rozptýlené v krvnej plazme. Pomer medzi formovanými krvnými elementami a krvnou plazmou sa nazýva **hematokrit**.

Krvotvorba (hemopoéza) začína vo včasnom štádiu vývinu zárodka a pokračuje aj po narodení a v dospelosti. **Hlavným krvotvorným orgánom** dospelého človeka je **červená kostná dreň (*medulla ossium rubra*)**, ktorá vyplňa po narodení všetky dutiny v kostiach. Postupne sa jej časť transformuje na **žltú kostnú dreň (*medulla ossium flava*)**, ktorá je tvorená hlavne bielym tukovým väzivom, zachováva si však (v prípade potreby) schopnosť spätnej transformácie na červenú kostnú dreň. Červená kostná dreň sa u dospelých nachádza len v plochých kostiach, ako hrudná kosť, kosti panvy, kosti lebky, rebrá, lopatky a v telách stavcov. V klinickej praxi sa zloženie kostnej drene vyšetruje na náteroch aspirátov kostnej drene spracovaných podobne ako krvné nátery.

Hoci komplexné hematologické vyšetrenie krvi uskutočňuje už mnoho moderných laboratórnych prístrojov, je nevyhnutné poznať morfológiu formovaných krvných elementov. Na základné morfologické štúdium krviniek sa používa **krvný náter**. Po ofarbení krvného náteru je možné pozorovať morfológiu bunkového jadra, sfarbenie cytoplazmy prípadne obsah rôznych typov granúl. Fixované **krvné nátery** sa najčastejšie farbja **Pappenheimovou** metódou panoptického farbenia roztokom **May-Grünwald** a **Giemsa-Romanowsky**. Roztok May-Gründwald obsahuje zmes farbív eozínu a metylénovej modrej. Roztok Giemsa-Romanowsky obsahuje zmes azúreo-zínu II a azúru II. V dobre ofarbenom krvnom nátere majú neutrofilné granulocyty bledoružovú cytoplazmu, ružové až červenohnedé sekrečné granuly a fialové bunkové jadro. Dobrým ukazovateľom správnosti farbenia sú sekrečné granuly eozinofilných granulocytov, ktoré by mali byť tehlovočervené až oranžovohnedé. Pri nedofarbení alebo kyslej reakcii sú bledočervené, pri prefarbení

alebo alkalické reakcii sú sivomodré. Špecifické sekrečné granuly bazofilných granulocytov sú tmavofialové. Nešpecifické sekrečné granuly lymfocytov sú žiarivo azúrové, cytoplazma je svetlomodrá, priehľadná. Cytoplazma monocytov je sivomodrá a má jemne zrnitý vzhľad.

Krv plní niekoľko dôležitých a nezastupiteľných funkcií. Jej úlohou je privádzať kyslík a výživné látky ku tkanivám a odvádzať splodiny látkovej premeny z tkanív k orgánom vylučovania. Pre túto funkciu sa krv nazýva trofickým tkanivom. Prúdením pomáha udržiavať telesnú teplotu, zúčastňuje sa pri udržiavaní stálych osmotických pomerov v organizme a tiež udržiava stále pH vnútorného prostredia. Krv má aj protektívnu funkciu pred cudzorodými organizmami a látkami (imunitná funkcia).



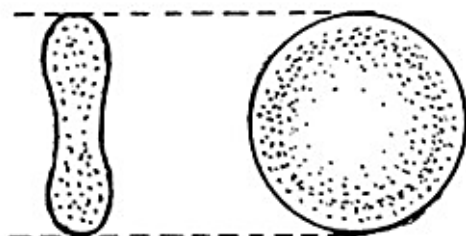
Obr. 35 Krvný náter – prehľad formovaných krvných elementov: 1 – eozinofilný granulocyt, 2 – neutrofilný granulocyt, 3 – erythrocyty, 4 – veľký lymfocyt, 5 – monocyt, 6 – trombocyty, 7 – bazofilný granulocyt (upravené podľa Klípka a kol., 2023)

6.1 Formované krvné elementy

6.1.1 Červené krvinky (erythrocyty)

Erythrocyty sú **bezjadrové bunky bikonkávneho tvaru** (sú v strede preliačené), čím sa zväčšuje ich povrch a tiež im tento tvar uľahčuje prechod úzkymi krvnými kapilármi. Pri pohľade zvrchu sú okrúhle, na bočnom priereze majú **piškótovitý tvar**. Priemerná veľkosť je 7,5 μm , hrúbka na okrajoch je 2,6 μm a v strede 0,8 μm . Erythrocyty s týmito rozmermi sa nazývajú normocyty. V krvi dospelého muža je počet erythrocytov 4 – 5,8 miliónov/ μl krvi a u dospeléj ženy je to 3,8 – 5,2 miliónov/ μl krvi. Erythrocyty sú ohraničené bunkovou membránou a ich cytoplazma neobsahuje

bunkové jadro, organely ani inklúzie. Približne 32 – 36 % obsahu cytoplazmy predstavuje hemoglobín (Hb). Je to bielkovina obsahujúca železo, ktorá je nevyhnutná pre proces prenosu kyslíka z pľúc do všetkých tkanív a orgánov a následne transport oxidu uhličitého z tkanív a orgánov do pľúc. Pri hematologickom vyšetrení sa určuje celková koncentrácia hemoglobínu v krvi, ktorá je u mužov 135 – 175 g/l a u žien je to 120 – 160 g/l.



Obr. 36 Erytrocyt: tvar erytrocytu z boku (profilu) a pri pohľade zvrchu (upravené podľa Slípka a Tonar, 2017)

Erytrocyty prežívajú v cirkulácii asi 120 dní. Ich starnutie je spôsobené vyčerpaním ich metabolických schopností, čo súvisí so znížením flexibility povrchovej bunkovej membrány. Erytrocyty sú následne vychytávané makrofágmi a deštruované najmä v slezine, ale aj v pečeni a červenej kostnej dreni.

6.1.2 Biele krvinky (leukocyty)

Leukocyty **tvoria veľkú skupinu formovaných krvných elementov s odlišnými morfológickými a funkčnými vlastnosťami.** Tvoria sa primárne v kostnej dreni, niektoré dozrievajú aj v slezine a lymfatických uzlinách. Leukocyty sa od erytrocytov odlišujú tým, že obsahujú jadro a neobsahujú hemoglobín. Cirkulujú v krvi, ale majú schopnosť prestúpiť z krvného riečiska do okolitých tkanív a opačne (diapedéza). V krvi majú leukocyty okrúhly tvar. V periférnej krvi dospelého človeka je ich počet 4 – 11 tisíc/ μ l krvi. Ich životnosť závisí od typu a varíruje od niekoľkých hodín (napr. neutrofil) po niekoľko mesiacov, až rokov (napr. niektoré lymfocyty). Leukocyty sú súčasťou imunitného systému a ich úlohou je chrániť telo pred infekciami a inými škodlivými látkami.

Podľa prítomnosti špecifických granúl v cytoplazme sa leukocyty rozdeľujú na:

- a) granulocyty,**
- b) agranulocyty.**

V cytoplazme granulocytov sa nachádzajú **špecificky sa farbiace granuly** a v cytoplazme agranulocytov sa špecifické granuly nenachádzajú. V oboch skupinách sú prítomné **azurofilné (nešpecifické) granuly**, ktoré obsahujú lyzozomálne enzýmy. Prítomnosť granúl a ich farbiteľnosť sú dôležitými identifikačnými znakmi.

Granulocyty

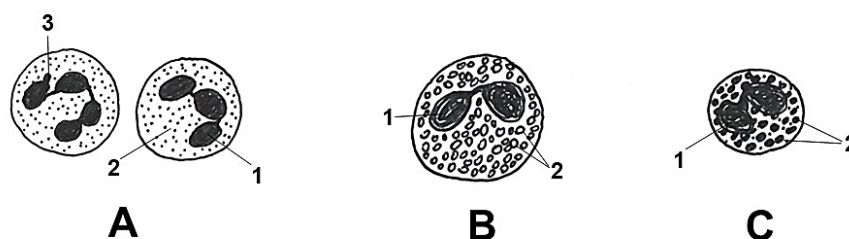
Granulocyty – polymorfomunkleárne leukocyty (PMNL) tvoria viac ako 70 % všetkých leukocytov. Ich cytoplazma obsahuje **dva základné typy granúl – špecifické a azurofilné**. Typickým znakom granulocytov je tiež segmentované jadro zložené z viacerých lalokov (segmentov). Špecifické granuly majú afinitu k histologickým farbivám a na základe ich farbiacich vlastností sú rozdelené na neutrálne, eozinofilné a bazofilné granuly.

Na základe typu špecifických granúl sú granulocyty klasifikované na:

- a) neutrofily – neutrofilné granulocyty,**
- b) eozinofily – eozinofilné granulocyty,**
- c) bazofily – bazofilné granulocyty.**

Neutrofily – neutrofilné granulocyty tvoria v krvi najväčšiu skupinu leukocytov (50 – 70 % leukocytov). Priemerná veľkosť neutrofilov je 10 – 12 μm . **Bunkové jadro** je zložené z **niekoľkých segmentov** (2 – 5) spojených chromatinovými mostíkmi. Počet segmentov jadra je závislý od veku neutrofilného granulocytu (staršie neutrofily majú vyšší počet segmentov). U žien je možné na jadre neutrofilov pozorovať kondenzovaný výbežok tzv. Barrovo teliesko, ktoré predstavuje inaktívny sex-chromozóm X. Ružovkastá cytoplazma obsahuje azurofilné aj špecifické granuly, ktoré obsahujú baktericídne látky a proteolytické enzýmy. Životnosť neutrofilov v krvi je obyčajne 6 – 7 hodín a po prestupe do tkaniva 1 – 4 dni. Neutrofily sú označované ako mikrofágy, pretože ich hlavnou funkciou je fagocytóza mikroorganizmov (najmä baktérií).

Eozinofily – eozinofilné granulocyty v krvi tvoria 2 – 5 % leukocytov. Priemerná veľkosť eozinofilov je 12 – 14 μm . **Bunkové jadro** je zložené **len z dvoch segmentov** (v tvare okuliarov, príp. 2 čerešní spojených stopkou). Cytoplazma obsahuje azurofilné a výrazne eozinofilné špecifické granuly. V krvi žijú krátko obyčajne 3 – 8 hodín, v tkanivách prežívajú 8 – 10 dní. Hlavnou funkciou eozinofilov je obrana proti parazitárnym ochoreniam, nakoľko ich špecifické granuly obsahujú bázický proteín, ktorý je pre parazity vysoko toxický. Tlmia prejavy alergických reakcií a sú schopné fagocytózy komplexu antigén-protilátka.



Obr. 37 Granulocyty – polymorfonukleárne leukocyty: **A** – Neutrofil: 1 – bunkové jadro rozdelené do lalokov/segmentov, 2 – azurofilné granuly v cytoplazme neutrofilov, 3 – Barrovo teliesko; **B** – Eozinofil: 1 – bunkové jadro rozdelené do 2 lalokov/segmentov, 2 – eozinofilné špecifické granuly v cytoplazme eozinofilov; **C** – Bazofil: 1 – segmentované bunkové jadro, 2 – bazofilné špecifické granuly v cytoplazme bazofilov (Tóth, 2025)

Bazofily – bazofilné granulocyty tvoria v krvi najmenšiu skupinu leukocytov, maximálne 2 %. Priemerná veľkosť bazofilov je 10 μm . **Bunkové jadro** je rozdelené na **nepriavidelné segmenty** a pripomína tvar písmena „S“. Zvyčajne je prekryté výraznými, tmavo bazofilnými špecifickými granulami, čím sa stáva málo zreteľné. Životnosť bazofilov je 2 – 3 dni. Špecifické granuly obsahujú histamín a heparín, chondroitínsulfát a pomaly reagujúce substancie anafylaxie. Majú dôležitú úlohu pri zápalových a alergických reakciách (astma, alergia na peľ, anafylaktický šok, atopická dermatitída).

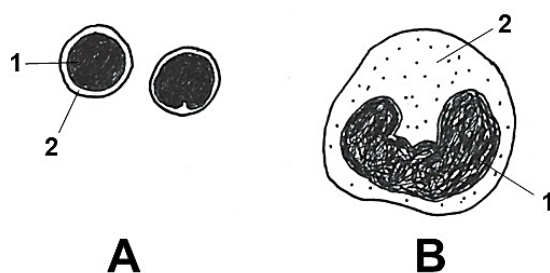
Agranulocyty

Agranulocyty – mononukleárne leukocyty (MNL) na rozdiel od granulocytov **neobsahujú špecifické granuly**. Cytoplazma obsahuje len **azurofilné** nešpecifické granuly. Ich **bunkové jadro** nikdy nie je rozdelené na segmenty, je **okrúhleho**, resp. **oválneho tvaru**, môže byť preliačené (tvar obličky).

Agranulocyty sú klasifikované na **dva typy**:

- a) **lymfocyty**,
- b) **monocyty**.

Lymfocyty sú druhé najpočetnejšie leukocyty, u dospelých tvoria 20 – 45 % leukocytov. Spoločným znakom všetkých lymfocytov je **okrúhle bunkové jadro s vysokým obsahom heterochromatínu**, ktoré vyplňa podstatnú časť bunky. **Svetlo bazofilná cytoplazma tvorí len úzky lem** okolo jadra. Podľa veľkosti sú lymfocyty rozdelené na **malé** (6 – 8 μm), **stredné** (10 – 12 μm) a **veľké** (viac než 18 μm). Podľa pôvodu, funkcie a povrchových markerov sa lymfocyty delia na dva typy: **T lymfocyty** a **B lymfocyty**. Lymfocyty sa okrem krvi a lymfy nachádzajú aj v tkanivách, najmä v spojivovom (riedke kolagénové väzivo). Životnosť lymfocytov je variabilná. Lymfocyty sú zodpovedné za obranyschopnosť tela, vytvárajú protilátky a chemické látky, ktoré pomáhajú chrániť bunky tela, aby nepodľahli bakteriálnej invázii.



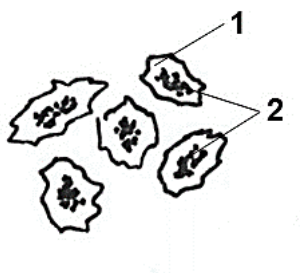
Obr. 38 Agranulocyty – mononukleárne leukocyty: **A** – lymfocyty: 1 – nesegmentované (okrúhle, príp. jadro s „depresiou“) bunkové jadro, 2 – cytoplazma; **B** – monocyt: 1 – obličkovité bunkové jadro, 2 – azurofilné nešpecifické granuly v cytoplazme monocytu (Tóth, 2025)

Monocyty patria medzi najväčšie bunky v krvi. Ich priemerná veľkosť je 20 μm a predstavujú 2 – 10 % z celkových leukocytov. **Bunkové jadro** monocytu je **oválne**,

alebo **preliačené v tvare obličky**. Je menej intenzívne zafarbené, nakoľko chromatin je málo kondenzovaný. Svetlo bazofilná **cytoplazma** obsahuje **nešpecifické azurofilné granuly**. Monocyty majú schopnosť migrovať do tkanív, kde sa transformujú na makrofágy. Ich životnosť je variabilná. V krvi je to približne 3 dni, v tkanivách a orgánoch prežívajú niekoľko týždňov. Monocyty majú dôležitú úlohu pri imunologických reakciách a sú dôležitou súčasťou obranného systému. Majú výraznú fagocytárnu schopnosť.

6.1.3 Krvné doštičky (trombocyty)

Trombocyty sú **drobné, membránou ohraničené, bezjadrové fragmenty cytoplazmy megakaryocytov** prítomných v kostnej dreni. Ich priemerná veľkosť je 2 – 5 μm . Ich počet sa uvádza okolo 150 – 400 tisíc/ μl . V krvných náteroch sa vyskytujú jednotlivito alebo tvoria zhluky. V svetelnom mikroskope je možné na trombocyte rozlíšiť **svetlejšiu periférnu oblasť** nazývanú **hyaloméra** a **centrálnu tmavšiu oblasť** nazývanú **granuloméra**. Granuloméra je bohatá na rôzne typy granúl, ktorých obsah je nevyhnutný pre proces zrážania krvi. Životnosť trombocytov je od 9 do 12 dní. Trombocyty sa podieľajú na **hemostáze**, teda zastavení krvácania a sú kľúčové pre zrážanie krvi.



Obr. 39 Trombocyty – krvné doštičky: 1 – hyaloméra, 2 – granuloméra (Tóth, 2025)

Otázky:

1. Aké je zloženie krvi?
2. Aké farbiace metódy sa používajú pri hodnotení krvného náteru?
3. Aký je rozdiel medzi krvnou plazmou a krvným sérom?
4. Čo je hemopoéza a kde prebieha?
5. Opíš erytrocyt – počet, tvar, veľkosť, životnosť.
6. Aký je rozdiel medzi granulocytmi a agranulocytmi?
7. Opíš neutrofil – typické znaky, počet, veľkosť.
8. Opíš lymfocyt – do ktorej skupiny leukocytov patrí, jeho veľkosť, počet.
9. Opíš monocyt – uveď typické znaky, veľkosť a počet.
10. Čo sú trombocyty? Uveď ich počet na 1 μl krvi.

7 Svalové tkanivo

Svalové tkanivo (*textus muscularis*) je tvorené podlhovastými svalovými bunkami alebo svalovými vláknami obsahujúcimi kontraktilné proteíny, vďaka ktorým sú schopné kontrakcie. Svojou kontrakciou zabezpečujú pohyb organizmu alebo jeho častí.

Svalové tkanivo je na základe štruktúry, funkcie a lokalizácie rozdelené na **3 typy**:

- a) kostrové svalové tkanivo,**
- b) srdcové svalové tkanivo,**
- c) hladké svalové tkanivo.**

Kostrová a srdcová svalovina v svetelnom mikroskope vykazuje spoločnú črtu – **priečne pruhovanie**, preto sa tieto dva typy svalového tkaniva označujú aj ako **priečne pruhované svalové tkanivo**.

Pre jednotlivé súčasti svalového tkaniva, svalových buniek či vlákien sa používa špeciálna terminológia s použitím predpony **sarko-** prípadne **myo-**:

- a) sarkoléma** – bunková membrána na povrchu svalových vlákien, ekvivalent plazmalémy,
- b) sarkoméra** – najmenšia funkčná kontraktilná jednotka myofibrily, tvorená špecificky usporiadanými myofilamentami,
- c) sarkoplazma** – vyplňa vnútorný priestor buniek a vlákien, ekvivalent cytoplazmy,
- d) sarkoplazmatické retikulum** – hladké endoplazmatické retikulum slúžiace na uskladnenie vápenatých iónov potrebných pre kontrakciu,
- e) sarkozómy** – mitochondrie, nachádzajú sa v sarkoplazme, zabezpečujú energiu potrebnú pre kontrakciu,
- f) myofilamenty** – základné kontraktilné proteíny prítomné vo svalových vláknach a svalových bunkách,
- g) myofibrily** – tvorené paralelne usporiadanými myofilamentami,
- h) myoglobín** – rozpustný proteín viažúci kyslík, prítomný v sarkoplazme.

Takmer všetky svalové vlákna/bunky v organizme vznikajú počas embryonálneho vývinu zo strednej zárodočnej vrstvy – **mezodermu**. Z nej vznikajú mezenchýmové bunky, ktoré sa postupne diferencujú, dochádza k ich postupnému predlžovaniu a intenzívnej syntéze proteínov aktínu a myozínu.

7.1 Priečne pruhovaná kostrová svalovina

Priečne pruhovaná kostrová svalovina tvorí:

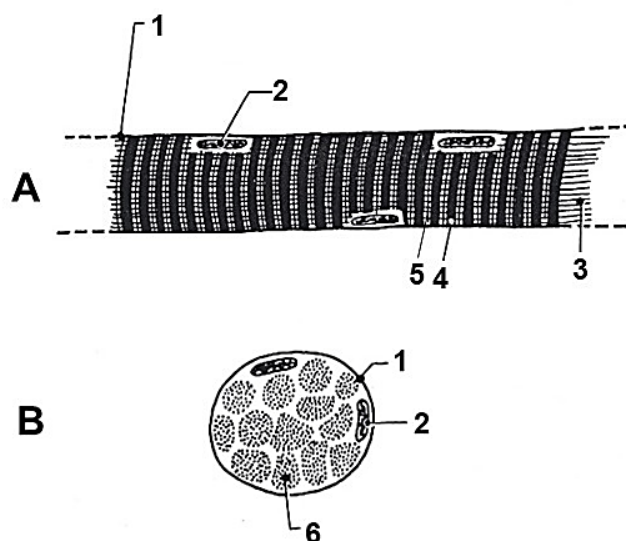
- a) kostrové svaly trupu a končatín,**
- b) medzirebrové svaly a svaly bránice,**
- c) svaly jazyka, hltanu a časti pažeráka.**

Funkčne je dôležitá pre udržiavanie polohy, pohyb, dýchacie pohyby, žuvanie a prehĺtanie, tvorbu reči. Kostrová svalovina je tvorená svalovými vláknami, **rhabdomyocytmi**, ktoré sa kontrahujú rýchlo a intenzívne ako odpoveď na nervovú

stimuláciu a ich aktivita je vôľou ovládateľná. **Svalové vlákno** je dlhý cylindrický mnohojadrový útvar – syncýtium s priemerom 10 – 100 μm a variabilnou dĺžkou aj niekoľko desiatok centimetrov.

7.1.1 Svetelno-mikroskopická štruktúra svalového vlákna

V svetelnom mikroskope je možné pozorovať podlhovasté svalové vlákna na rôznych prierezoch. Pozdĺžne prerezané svalové vlákno má **cylindrický tvar** a **eozinofilnú sarkoplazmu**, v ktorej možno pozorovať pravidelné **striedanie svetlých a tmavých prúžkov** = **priečne pruhovanie**. Priečne pruhovanie je spôsobené špecifickým usporiadaním aktínových a myozínových myofilament do myofibríl, ktoré sú usporiadané paralelne s dlhou osou vlákna. **Tmavý prúžok**, tvorený najmä myozínovými myofilamentami, sa označuje ako **anizotropný – A-prúžok**. **Svetlý prúžok** tvoria aktínové myofilamentá a nazýva sa **izotropný – I-prúžok**. V strede izotropného prúžku možno pozorovať tmavšiu **Z-líniu**, do ktorej sa upínajú aktínové myofilamentá. Svalové vlákno má **veľký počet oválnych až podlhovastých, štíhlych jadier** so zaoblenými koncami, sú uložené tesne pod sarkolémou a orientované paralelne s dlhou osou svalového vlákna.



Obr. 40 Svalové vlákno: **A** – longitudinálny (pozdĺžny) rez: 1 – sarkoléma, 2 – bunkové jadro, 3 – paralelne usporiadané myofibrily v sarkoplazme, 4 – anizotropný „tmavý“ A-prúžok, 5 – izotropný „svetlý“ I-prúžok; **B** – transverzálny (priečny) rez: 1 – sarkoléma, 2 – bunkové jadro, 6 – priečny prierez zväzkov myofibríl v sarkoplazme (upravené podľa Mailleta, 1976)

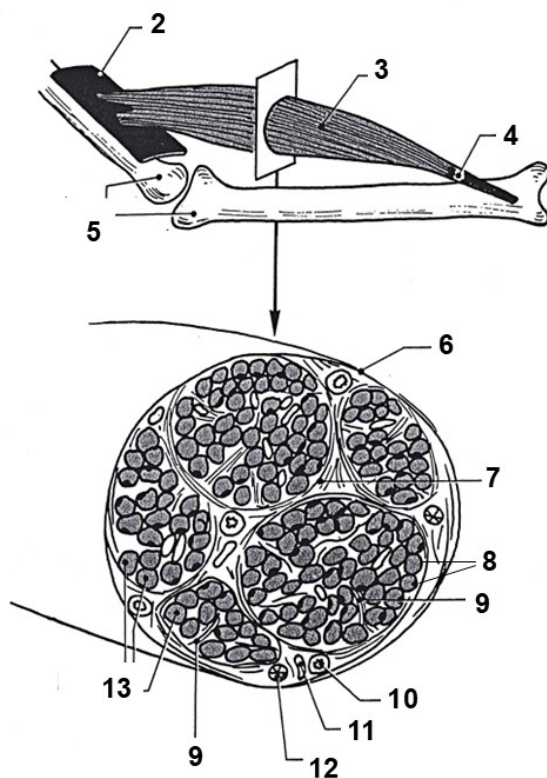
Priečne prerezané svalové vlákno má oválny až polygonálny tvar, eozinofilnú sarkoplazmu so zrnitým vzhľadom vďaka priečne prerezaným myofibrilám; pod sarkolémou môžu ale nemusia byť zachytené okrúhle až oválne bunkové jadro/jadrá, v závislosti od úrovne rezu.

7.1.2 Stavba kostrového svalu ako orgánu

Elementy väziva obkolesujú a organizujú svalové bunky a vlákna vo všetkých 3 typoch svalového tkaniva, no najlepšie vytvorené sú práve v kostrovej svalovine. Svalové vlákna v kostrovom svale sú usporiadané do menších skupín – zväzkov svalových vlákien a viacero zväzkov tvorí celý sval. Väzivo v kostrovej svalovine vytvára väzivové obaly:

- a) **epimýzium** – na povrchu celého kostrového svalu, tvorené hustým neusporiadaným kolagénovým väzivom, vytvára prepážky/septá smerujúce dovnútra, v ktorých prebiehajú krvné a lymfatické cievy a periférne nervy,
- b) **perimýzium** – je tenšia vrstva riedkeho kolagénového väziva na povrchu jednotlivých zväzkov svalových vlákien. Každý zväzok tvorí funkčnú jednotku, kde vlákna pracujú spoločne. Vo väzive perimýzia prebiehajú krvné a lymfatické cievy a nervy, ktoré prestupujú dovnútra zväzku,
- c) **endomýzium** – je veľmi jemná a tenká vrstva retikulárnych vlákien obklopujúca každé svalové vlákno. V endomýzii sú prítomné najmenšie vetvy nervových vlákien a bohatá sieť krvných kapilár, ktoré zásobujú svalové vlákna kyslíkom.

Kolagénové vlákna v týchto väzivových obaloch slúžia na **prenos mechanických síl** generovaných pri kontrakcii svalových vlákien. Všetky 3 vrstvy väziva prechádzajú do hustého kolagénového väziva šľachy, ktorá pripája kostrový sval k povrchu kosti, v koži alebo k inému svalu.



Obr. 41 Kostrový sval: 1 – diafýza kosti, 2 – aponeuróza, 3 – kostrový sval, 4 – šľacha, 5 – epifýzy kostí, 6 – epimýzium, 7 – perimýzium, 8 – endomýzium, 9 – kapilára, 10 – artéria, 11 – vena, 12 – nerv, 13 – svalové vlákna (upravené podľa Mailleta, 1976)

7.1.3 Neuromuskulárna platnička

Vlákná kostrovej svaloviny sú inervované motorickými neurónmi. Ich axóny ako súčasť periférnych nervov prebiehajú v perimýziu, prestupujú do endomýzia, postupne sa vetvia a koncové úseky jednotlivých vetiev – tvoria terminálne rozšírenie, ktoré sú uložené na povrchu svalového vlákna. Toto terminálne rozšírenie je súčasťou synapsy – **nervovosvalového spojenia**, či motorickej alebo neuromuskulárnej platničky.

Neuromuskulárna platnička **je tvorená:**

- a) presynaptickou membránou** na povrchu terminálneho rozšírenia axónu,
- b) synaptickou štrbinou** medzi axolémou a sarkolémou,
- c) postsynaptickou membránou** na povrchu svalového vlákna.

Zakončenie axónu obsahuje mitochondrie a synaptické vezikuly s obsahom neurotransmiteru acetylcholínu. Sarkoléma v oblasti motorickej platničky vytvára početné záhyby pre zväčšenie postsynaptického povrchu.

Pri nervovej stimulácii sa akčný potenciál šíri pozdĺž axónu, dosiahne jeho terminálne rozšírenie a spôsobí uvoľnenie acetylcholínu do synaptickej štrbiny. Následne sa acetylcholín naviaže na transmembránové receptory v zriasenej postsynaptickej membráne, čo spôsobí otvorenie iónových kanálov v sarkoléme, prestup iónov, depolarizáciu sarkolémy a vznik akčného potenciálu na svalovom vlákne. Acetylcholín je následne oddelený od receptora, štiepený acetylcholinesterázou, čím je zabránený predĺžený kontakt s receptorom. Akčný potenciál sa ďalej šíri po sarkoléme a spôsobí kontrakciu svalového vlákna.

Axón jedného motorického neurónu môže tvoriť motorické platničky s jedným alebo aj viacerými svalovými vláknami. V prípade, že sa axón na konci vetví a inervuje viacero svalových vlákien, všetky tieto vlákna ako aj axón spolu tvoria **motorickú jednotku**.

7.1.4 Regenerácia priečne pruhovanej kostrovej svaloviny

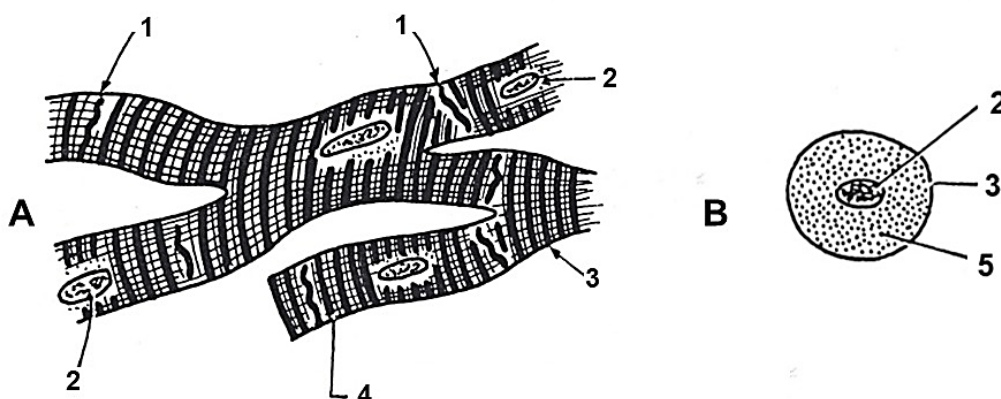
Kostrová svalovina **má čiastočnú schopnosť regenerácie** vďaka prítomnosti **satelitových buniek**. Satelitové bunky sú bunky prítomné v blízkosti svalových vlákien a pri poškodení kostrového svalstva dochádza k ich aktivácii, proliferácii, postupne bunky splývajú, syntetizujú myofilamenty a vytvárajú nové svalové vlákna. Podobne sú satelitové bunky aktivované pri raste svalov po vytrvalostnom cvičení, kedy satelitové bunky splývajú s už existujúcimi vláknami, aby sa zväčšila svalová hmota.

7.2 Priečne pruhovaná srdcová svalovina

Priečne pruhovaná srdcová svalovina **je prítomná v stene srdca**, tvorí **strednú vrstvu – myokard**. Je tvorená **bunkami srdcovej svaloviny – kardiomyocyty**, ktoré svojou aktivitou zabezpečujú pravidelné kontrakcie myokardu a vypudenie krvi do malého a veľkého krvného obehu počas systoly a následne plnenie srdcových

predsiení a komôr krvou počas diastoly. Aktivita kardiomyocytov je za fyziologických okolností pravidelná, nepretržitá, kontrakcia je intenzívna a nie je vôľou ovládateľná.

Základnou morfológickou jednotkou myokardu sú kardiomyocyty. Kardiomyocyty majú priemer 15 – 30 μm a dĺžku 85 – 120 μm . Sú to podlhovasté cylindrické bunky, ktoré sú na koncoch často rozvetvené. Navzájom sú pospájané prostredníctvom **interkalárnych diskov**, ktoré okrem vzájomného adhezívneho spojenia zabezpečujú aj komunikáciu susediacich buniek. Srdcový sval sa skladá zo špirálovito usporiadaných zväzkov kardiomyocytov. Vďaka ich vetveniu a spojeniu má na pozdĺžnom priereze vláknitý vzhľad. V okolí kardiomyocytov sa nachádza endomýzium s množstvom krvných kapilár.



Obr. 42 Kardiomyocyty – bunky priečne pruhovanej srdcovej svaloviny: **A** – longitudinálny (pozdĺžny) rez: 1 – interkalárny disk, 2 – bunkové jadro, 3 – sarkoléma, 4 – priečne pruhovanie sarkoplazmy (striedanie anizotropných „tmavých“ A-prúžkov s izotropnými „svetlými“ I-prúžkami); **B** – transverzálny (priečny) rez: 2 – bunkové jadro, 3 – sarkoléma, 5 – priečny prierez myofibríl difúzne rozptýlených v sarkoplazme (upravené podľa Mailleta, 1976)

7.2.1 Svetelno-mikroskopická štruktúra kardiomyocytu

Pozdĺžne prerezaný kardiomyocyt má eozinofilnú sarkoplazmu, ktorá vykazuje v svetelnom mikroskope **priečne pruhovanie** s pravidelným striedaním izotropných a anizotropných prúžkov. **V centre kardiomyocytu sú prítomné 1 alebo 2 oválne, svetlé, euchromatické jadrá.** V perinukleárnej oblasti môže byť prítomný žltohnedý pigment lipofuscín. V mieste spojenia susediacich kardiomyocytov možno pozorovať interkalárne disky ako tmavšie transverzálne línie.

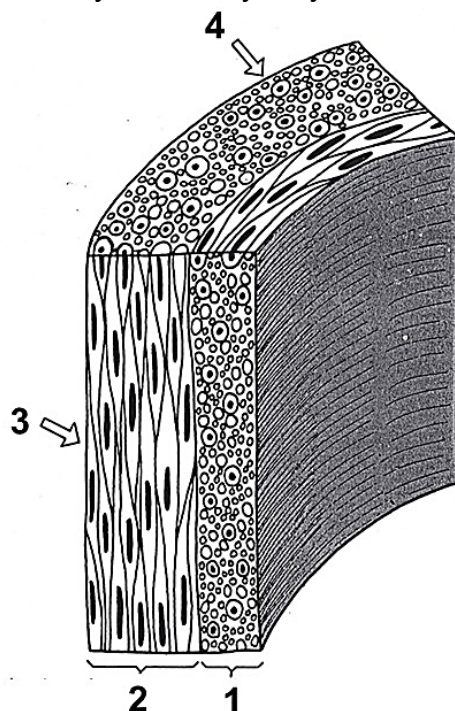
Priečne prerezané kardiomyocyty majú oválny tvar, sú rôzne veľké v závislosti od úrovne, kde sú prerezané – v centrálnej časti majú väčší priemer ako na koncoch, kde sa aj rozvetvujú. Jadro, ak je zachytené na reze, má okrúhly tvar, je centrálné umiestnené. Sarkoplazma je eozinofilná a má zrnitý vzhľad vďaka myofibrilám.

7.2.2 Regenerácia srdcovej svaloviny

Srdcová svalovina vykazuje veľmi nízku schopnosť regenerácie. Poškodenie myokardu, napríklad pri infarkte, sa hojí väzivovou jazvou.

7.3 Hladké svalové tkanivo

Hladké svalové tkanivo **tvoria hladké svalové bunky – leiomyocyty**. Najčastejšie tvoria súvislé vrstvy: v stene ciev regulujú prietok krvi; v stene tráviacej trubice zabezpečujú peristaltické pohyby, premiešavanie obsahu a jeho transport; v stene dýchacích ciest regulujú lúmen počas nádychu a výdychu aj pri kašli; v stene orgánov močového a pohlavných systémov regulujú peristaltiku a transport. Hladké svalové bunky zabezpečujú pomalú kontrakciu, ktorá nie je ovládaná vôľou. Ich aktivita je regulovaná najmä autonómnym nervovým systémom, prípadne hormonálne.

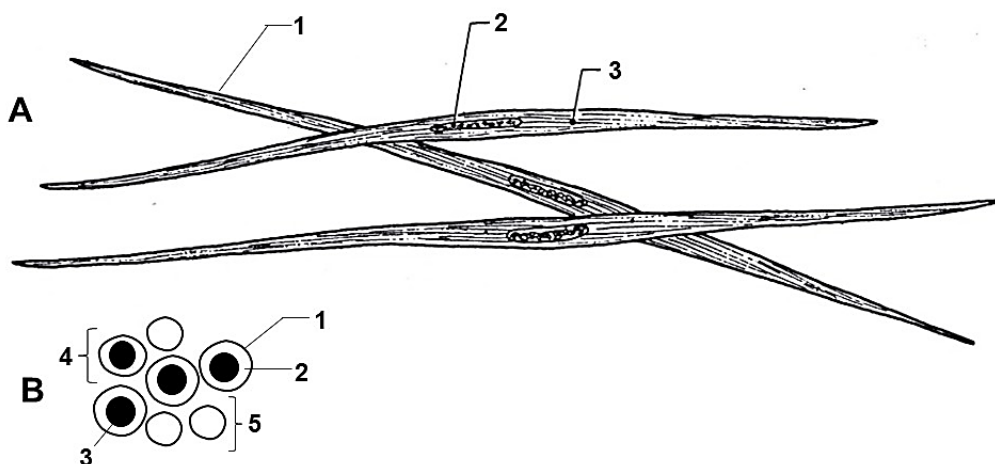


Obr. 43 Priestorové usporiadanie vrstiev hladkej svaloviny a jednotlivých buniek v stene trubicovitých orgánov (napr. pažerák, tenké a hrubé črevo): 1 – vnútorná kruhovo (cirkulárne) usporiadaná vrstva hladkej svaloviny s priečne zrezanými bunkami, 2 – vonkajšia pozdĺžne (longitudinálne) usporiadaná vrstva hladkej svaloviny s pozdĺžne zrezanými bunkami, 3 – pozdĺžny rez telom hladkých svalových buniek, 4 – priečny rez telom hladkých svalových buniek (upravené podľa Maillleta, 1976)

7.3.1 Svetelno-mikroskopická štruktúra hladkej svalovej bunky

Hladké svalové bunky sú podlhovasté bunky vretenovitého tvaru (hrubšie v centrálnej oblasti, tenšie na koncoch). V priemere majú v najširšej časti 5 – 10 μm , ich dĺžka je variabilná (v stene ciev majú 20 μm , v tráviacej trubici okolo 200 μm a v stene maternice počas gravidity sa zväčšujú až na 500 μm). **V strede bunky sa nachádza 1 podlhovasté, tyčinkovité jadro s difúzne rozptýleným chromatínom orientované paralelne s dlhou osou bunky**. Sarkoplazma hladkej svalovej bunky je eozinofilná a homogénna, **bez priečneho pruhovania**, pretože aktínové a myozínové myofilamenty nie sú usporiadané do myofibríl, ale **siet'ovito**. Pri kontrakcii hladkých svalových buniek sa ich tvar mení – vonkajší povrch sa zvlní a jadro sa špirálovito skrúti.

Na priečnom priereze sú hladké svalové bunky okrúhle s rôznym priemerom v závislosti od úrovne vedeného rezu. Len v tých najväčších prierezoch je viditeľné centrálné uložené okrúhle jadro.



Obr. 44 Leiomycyty – hladké svalové bunky: **A** – longitudinálny (pozdĺžny) rez: 1 – sarkoléma, 2 – bunkové jadro, 3 – sarkoplazma bez priečneho pruhovania; **B** – transverzálny (priečny) rez: 1 – sarkoléma, 2 – bunkové jadro, 3 – sarkoplazma bez priečneho pruhovania, 4 – telo hladkej svalovej bunky s prítomnosťou bunkového jadra, 5 – telo hladkej svalovej bunky bez prítomnosti bunkového jadra (upravené podľa Mailleta, 1976)

7.3.2 Regenerácia hladkého svalového tkaniva

V prípade poškodenia hladkého svalstva sa nepoškodené hladké svalové bunky mitoticky delia a dokážu nahradiť odumreté bunky.

Tab.1 Vzájomné morfológicko-funkčné porovnanie jednotlivých typov svaloviny

	Kostrová svalovina	Srdcová svalovina	Hladká svalovina
Stavebné jednotky	Mnohohadrové svalové vlákna – rhabdomyocyty	Prepojené vetviace sa bunky – kardiomyocyty	Malé tesne usporiadané vretenovité bunky – leiomyocyty
Tvar	Cylindrické vlákna	Cylindrické bunky, na koncoch rozvetvené	Vretenovité bunky
Veľkosť	Ø 10 – 100 µm, dlhé niekoľko 10 cm	Ø 10 – 20 µm, dlhé 50 – 100 µm	Ø 5 – 10 µm, dlhé 20 – 500 µm
Sarkoplazma	Eozinofilná, výrazné priečne pruhovanie	Eozinofilná, priečne pruhovanie	Eozinofilná, homogénna
Bunkové jadro – počet	Mnoho jadier	1 – 2	1
Bunkové jadro – lokalizácia	Na periférii, pod sarkolémou	Centrálne	Centrálne
Organizácia väziva	Endomýzium, perimýzium, epimýzium	Endomýzium, subepikardové a subendokardové väzivo	Endomýzium a menej usporiadané vrstvy väziva
Výskyt	Kostrové svaly, bránica, jazyk, horná časť pažeráku	Srdce	Krvné cievy, tráviaca trubica, dýchacie cesty, maternica, močový mechúr
Funkcia	Vôľou ovládateľné pohyby	Vôľou neovládateľné pohyby (automatické čerpanie krvi)	Vôľou neovládateľné pohyby (peristaltické pohyby)
Eferentná inervácia	Motorická	Autonómna	Autonómna
Schopnosť regenerácie	Obmedzená, aktiváciou satelitových buniek	Minimálna	Dobrá, mitotickou aktivitou svalových buniek

Otázky:

1. Akú funkciu plní svalové tkanivo v tele človeka?
2. Aké typy svalového tkaniva poznáme?
3. Čo je priečne pruhovanie?
4. Charakterizuj histologickú štruktúru kostrovej svaloviny.
5. Charakterizuj morfológicko-funkčne neuromuskulárnu platničku.
6. Charakterizuj histologickú štruktúru srdcovej svaloviny.
7. Charakterizuj histologickú štruktúru hladkej svaloviny.
8. Vzájomne porovnaj morfológiu jednotlivých typov svaloviny.
9. Vzájomne funkčne porovnaj jednotlivých typov svaloviny.
10. Porovnaj regeneračnú schopnosť jednotlivých typov svalového tkaniva.

8 Nervové tkanivo

Počas embryonálneho vývinu sa z **neuroektodermy zárodkového štítu** vytvoria základy nervového tkaniva, ktoré sa v procese histogenézy diferencujú a tvoria **základ nervového systému**. Funkciou nervového tkaniva je **prijímanie, analýza a prenos nervových vzruchov**, ktoré sú prijímané pomocou receptorov zo stále sa meniaceho vonkajšieho prostredia alebo z vlastného organizmu.

Nervové tkanivo (*textus nervosus*) v podobe integrovanej a vzájomne komunikujúcej siete **kontroluje a koordinuje všetky životne dôležité funkcie** v organizme človeka a iných živočíchov.

Nervové tkanivo tvorí základ nervového systému, ktorý je z anatomického hľadiska rozdelený na **centrálny a periférny nervový systém** (CNS, PNS).

8.1 Všeobecná stavba nervového tkaniva

V nervovom tkanive sa nachádzajú iba 2 typy buniek s ich výbežkami:

- a) nervové bunky (neuróny),**
- b) gliové bunky (neurogliové, neuroglia).**

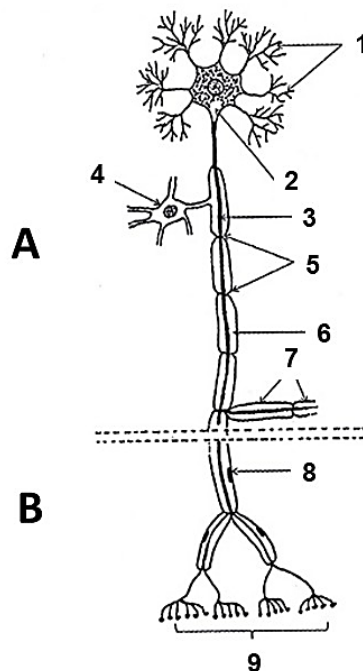
Nervové tkanivo obsahuje krvné cievy – je vaskularizované.

8.1.1 Nervové bunky (neuróny)

Nervové bunky sú **morfologické, funkčné, genetické a trofické jednotky nervového tkaniva** zodpovedné za príjem, spracovanie a prenos podnetov, uvoľňovanie neurotransmiterov a iných informačných molekúl. Sú to **dlhožijúce** a **postmitotické bunky** a až na určité výnimky v mozgu, kde sa vyskytujú kmeňové bunky schopné diferenciácie, sa už nedelia. Veľkosť nervových buniek je veľmi variabilná a pohybuje sa od 4 µm (zrnité bunky v kôre mozočka) až do 100 µm (Betzove pyramídové bunky v mozgovej kôre), alebo až 150 µm (multipolárne neuróny v predných rohoch miechy).

Väčšina neurónov sa skladá z **3 častí**:

- a) telo neurónu,**
- b) dendrity,**
- c) axón.**



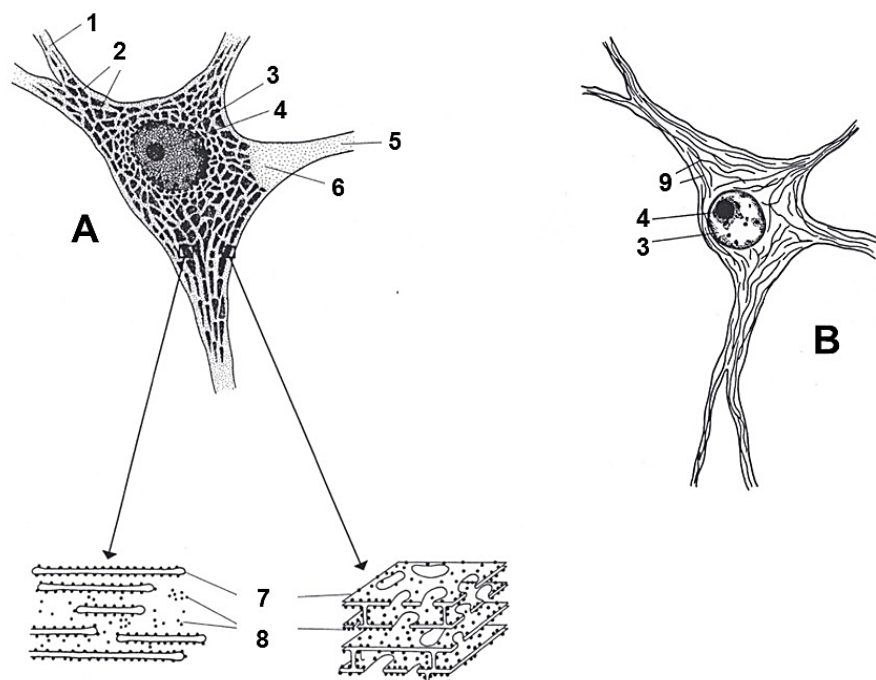
Obr. 45 Morfológia neurónu: **A** – CNS: 1 – dendrity, 2 – telo neurónu a odstupový kužeľ axónu, 3 – axón, 4 – oligodentrocyt (myelín-produkujúca neuroglia CNS), 5 – Ranvierove zárezy v myelínovej pošve axónu, 6 – myelínova pošva internodálneho segmentu, 7 – kolaterálna vetva axónu; **B** – PNS: 8 – Schwannova bunka (myelín-produkujúca neuroglia PNS), 9 – telodendron (terminálne/koncové rozvetvenie axónu) (Tóth, 2025)

Telo neurónu, neurocyt, soma, perikaryon je trofickým centrom bunky, schopným prijímať a spracovávať podnety. V cytoplazme obsahuje okrúhle euchromatické centrálné uložené bunkové jadro často s jedným alebo viacerými jadierkami a bunkové organely – GER v podobe bazofilnej Nisslovej hmoty/substancie. Nisslova hmota nie je prítomná v mieste odstupu axónu (odstupový kužeľ axónu).

Dendrity sú rôzne dlhé, mnohopočetné, bohato sa vetviace výbežky, ktoré sa smerom k periférii stenčujú. Vetvenie dendritov vytvára dendritický strom. Sú špecializované na príjem podnetov z okolitého prostredia a na svojom povrchu môžu mať rôzny počet trňovitých výbežkov, ktoré zväčšujú povrch pre prijímanie impulzov. V cytoplazme dendritov sa vyskytuje Nisslova hmota.

Axón, neurit – z tela odstupuje iba jeden v celej dĺžke rovnako hrubý axón, ktorý je špecializovaný na generovanie a prenos nervových impulzov na ďalšie neuróny alebo na efektorové bunky resp. svalové vlákna. Odstupový kužeľ je počiatočný úsek axónu, kde sa generujú impulzy. Koncový úsek axónu sa označuje ako **telodendron**. Na jeho konci sa formujú rozšírené, gombíkovité, špecializované štruktúry – butóny (**boutons terminaux**), ktoré sú súčasťou synáps. Axón je na svojom povrchu zvyčajne obalený myelínovou pošvou, ktorá slúži ako elektroizolátor. Myelínová pošva je vo svojom priebehu prerušovaná Ranvierovými zárezmi. Dva susedné Ranvierove zárezy ohraničujú úsek nazývaný ako internodálny segment. Axóny spolu so svojimi

obalmi/pošvami tvoria v CNS aj PNS **nervové vlákna**, ktoré sú v CNS súčasťou nervových dráh a v PNS periférnych nervov.



Obr. 46 Telo neurónu: **A** – Znáznorenie Nisslovej hmoty: 1 – dendrit, 2 – zrnká Nisslovej hmoty, 3 – bunkové jadro, 4 – jadierko, 5 – axón, 6 – odstupový kužeľ axónu, 7 – cisterny granulovaného endoplazmatického retikula, 8 – ribozómy; **B** – Znáznorenie cytoskeletu: 9 – neurofibrily v cytoplazme a výbežkoch neurónu (upravené podľa Mailleta, 1976)

8.1.2 Klasifikácia nervových buniek

Nervové bunky sú klasifikované z viacerých hľadísk:

1. Podľa funkcie:

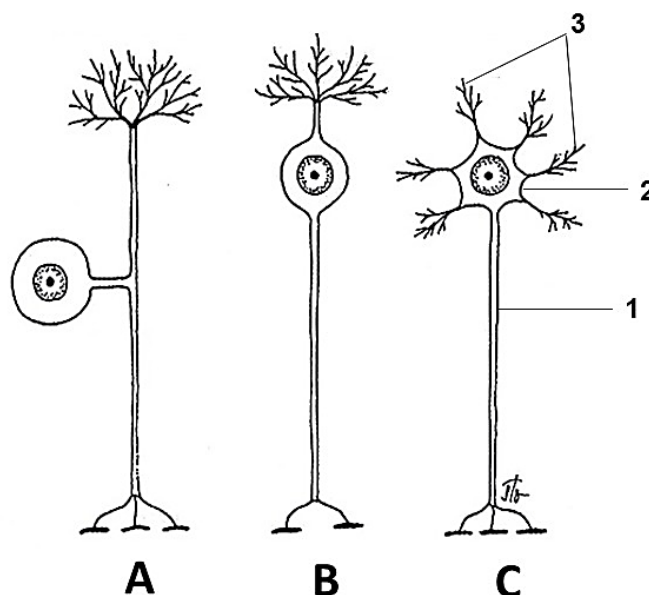
- a) aferentné neuróny** – prijímajú stimuly z vonkajšieho aj z vnútorného prostredia organizmu,
 - b) eferentné neuróny** – riadia funkcie efektorových orgánov,
 - c) interneuróny** – spájajú neuróny navzájom,
 - d) neurosekrečné neuróny** – produkujú hormóny (hypotalamus).
- Zvláštny typ tvoria **zmyslové bunky** – napr. tyčinky a čapíky sietnice.

2. Podľa tvaru tela:

- a) okrúhle** – pseudounipolárne neuróny v spinálnom gangliu,
- b) hruškovité** – Purkyňove bunky v mozočku,
- c) pyramídové** – najčastejší typ neurónov mozgovej kôry,
- d) hviezdicovité bunky** – motorické neuróny v mieche.

3. Podľa počtu výbežkov:

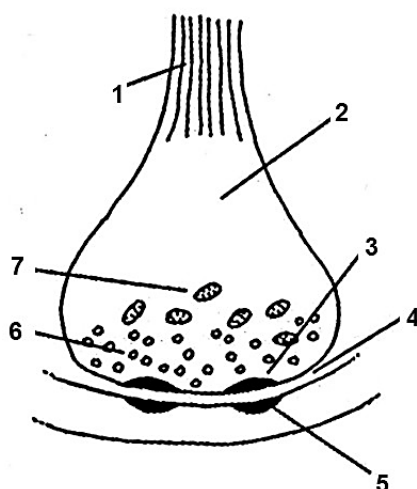
- a) **bipolárne** – majú iba jeden dendrit a jeden axón,
- b) **pseudounipolárne** – majú len jeden výbežok odstupujúci z tela neurónu, ktorý sa v krátkej vzdialenosti od tela vetví v podobe písmena T,
- c) **multipolárne** – majú mnoho dendritov, ale iba jediný axón,
- d) **unipolárne** – nemajú pravé dendrity a z tela odstupuje iba jeden axón.



Obr. 47 Klasifikácia neurónov podľa počtu výbežkov: **A** – pseudounipolárny neurón, **B** – bipolárny neurón, **C** – multipolárny neurón: 1 – axón, 2 – telo neurónu, 3 – dendrity (Tóth, 2025)

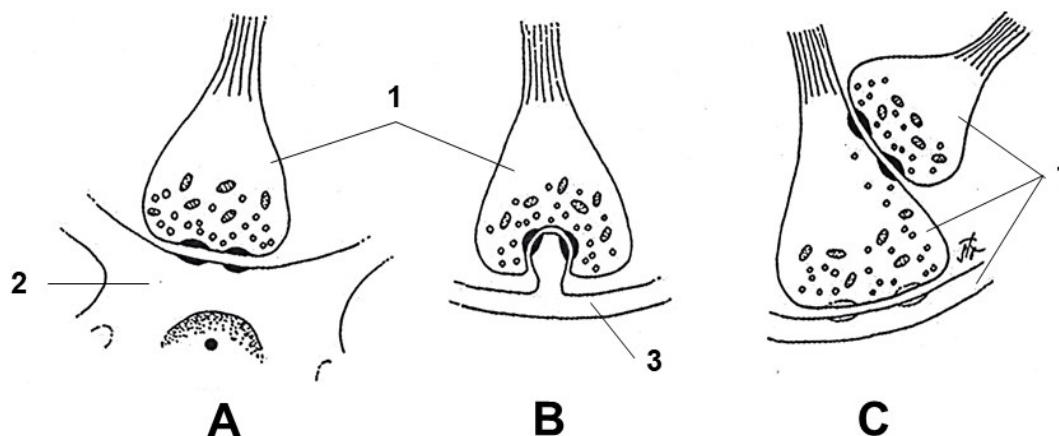
8.1.3 Synapsy

Synapsy sú miestom, cez ktoré sa nervový impulz prenáša z jednej nervovej bunky na druhú. Skladajú sa z **presynaptickej membrány**, **synaptickej štrbiny** (20 – 30 nm) a **postsynaptickej membrány**.



Obr. 48 Morfológia synapsy: 1 – neurofibrily, 2 – terminálny butón, 3 – presynaptická membrána, 4 – synaptická štrbina, 5 – postsynaptická membrána, 6 – synaptické vezikuly, s obsahom neurotransmiterov, 7 – mitochondria (Tóth, 2025)

Presynaptickú časť tvorí cytoplazmatická membrána terminálnej arborizácie axónu a **postsynaptickú** tvorí väčšinou cytoplazmatická membrána dendritu, zriedkavejšie tela neurónu, alebo niekedy aj axónu. Na podklade uvedeného sú synapsy rozdelené na **axo-dendritické, axo-somatické a axo-axonálne**. V PNS postsynaptickú časť tvorí bunková membrána žľazovej bunky, hladkej svalovej bunky alebo priečne pruhovaného svalového vlákna. V ľudskom organizme prenos vzruchov sprostredkujú hlavne chemické synapsy, v ktorých je prenos viazaný na chemické látky – neurotransmitery napr. acetylcholín, GABA, glutamát.



Obr. 49 Typy synáps: **A** – Axo-somatická, **B** – Axo-dendritická, **C** – Axo-axonálna: 1 – axón, 2 – telo neurónu (neurocyt), 3 – dendrit (Tóth, 2025)

8.2 Gliové bunky (neuroglia)

Neuroglia vyplňa priestory medzi neurónmi a ich výbežkami. Okrem perivaskulárnych priestorov v nervovom tkanive nie je prítomné žiadne spojivé tkanivo. Jeho funkciu nahrádza neuroglia. Neurogliové bunky nie sú schopné prijímať a prenášať nervové impulzy. Ich funkciou je oddelovať neuróny, tvoriť myelínovú a Schwannovu pošvu, tvoriť súčasť hematoencefalickej bariéry, podieľať sa na fagocytóze a zabezpečovať výživu pre nervové bunky. Na rozdiel od neurónov sú **neurogliové bunky schopné mitotického delenia** počas celého života organizmu.

Podľa morfológických a funkčných vlastností sú neurogliové bunky klasifikované na niekoľko druhov.

V CNS sú medzi neurogliové bunky zaradené:

- a) astrocyty,**
- b) oligodendrocyty,**
- c) ependýmové bunky,**
- d) mikrogliové bunky.**

V PNS sa vyskytujú:

- a) Schwannove bunky,**
- b) satelitové bunky (amficyty).**

Astrocyty sú najpočetnejšie a najväčšie z neurogliových buniek. Majú hviezdicovitý tvar, obsahujú svetlú cytoplazmu, centrálné uložené okrúhle bunkové jadro spolu s jadriekom. Astrocyty svojimi výbežkami, nazývanými ako gliové nožičky, obklopujú a vytvárajú okolo ciev *membrana limitans glie perivascularis*, ktorá je súčasťou hematoencefalickej bariéry. Na povrchu mozgu, mozočka a miechy tvoria podobnú *membrana limitans glie superficialis*. Astrocyty sa v nerovnom tkanive podieľajú aj na udržiavaní mikroprostredia. V nervovom tkanive sa nachádzajú dva typy astrocytov – **fibrilárne (vláknité) astrocyty**, vyskytujúce sa v bielej hmote CNS a **plazmatické astrocyty**, prítomné v sivej hmote CNS.

Oligodendrocyty sú menšie bunky s tmavým okrúhlym jadrom a malým počtom výbežkov. Vyskytujú sa v bielej aj sivej hmote CNS a sú zodpovedné za tvorbu myelínovej pošvy.

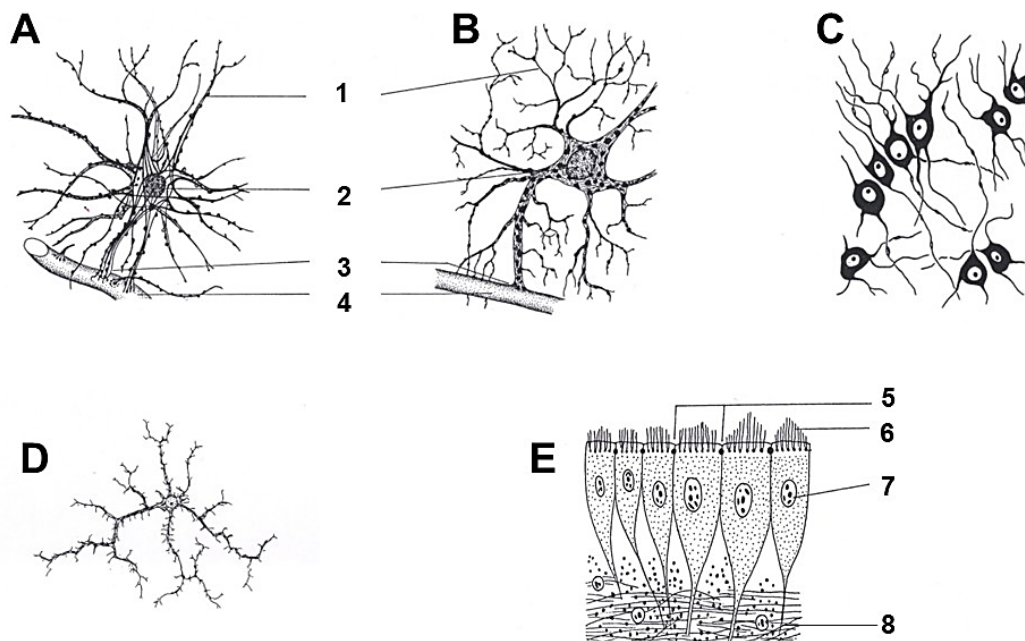
Astrocyty a oligodendrocyty sa niekedy v histológii označujú spoločným názvom **makroglia**.

Ependýmové bunky vystielajú dutiny CNS (centrálny kanál miechy, mozgové komory) a pripomínajú svojim usporiadaním epitel. Pod vrstvou ependýmových buniek však nie je vytvorená bazálna membrána. Tvarovo sú ependýmové bunky cylindrické bunky. Na voľnom povrchu môžu mať pohyblivé kinocílie, ktoré pomáhajú pri prúdení cerebrospinálneho moku a mikrokly slúžiace na zväčšenie ich povrchu pri resorpcii a tvorbe cerebrospinálneho moku. Z bazálnej plochy niektorých ependýmových buniek môže vybiehať jeden dlhý výbežok – takéto ependýmové bunky sa nazývajú **tanocyty**.

Mikrogliové bunky patria do monocytomakrofágového systému a ich pôvod nie je v neuroektoderme ale pochádzajú z mezenchýmu. Sú to malé bunky s oválnym a tmavým jadrom. Bunky majú krátke, bohato sa vetviace ostnité výbežky. Vyskytujú sa v bielej aj sivej hmote CNS a v prípade poškodenia nervového tkaniva sa prejaví ich fagocytárna schopnosť.

Schwannove bunky sú zodpovedné za tvorbu myelínovej pošvy okolo axónov v PNS.

Satelitové bunky (amficyty) sú malé hviezdicovité bunky vyskytujúce sa okolo neurónov v spinálnych a vegetatívnych gangliách. Majú dôležitú trofickú úlohu.



Obr. 50 Neuroglia CNS: **A** – plazmatický astrocyt, **B** – fibrilárny astrocyt: 1 – cytoplazmatické výbežky, 2 – telo astrocytu, 3 – gliové „nožičky“ astrocytov, 4 – krvná cieva; **C** – oligodendrocyty, **D** – mikroglia, **E** – ependým: 5 – medzibunkové spojenia, 6 – kinocílie, 7 – bunkové jadro, 8 – cytoplazmatický výbežok tanycytu (upravené podľa Mailleta, 1976)

Otázky:

1. Opíš zloženie a základnú funkciu nervového tkaniva.
2. Definuj neurón.
3. Aké spôsoby klasifikácie neurónov poznáš?
4. Charakterizuj histologicky telo neurónu.
5. Čo je Nisslova hmota?
6. Charakterizuj dendrity – dostredivé výbežky neurónu.
7. Charakterizuj axón – odstredivý výbežok neurónu.
8. Charakterizuj morfológicky aj funkčne synapsu.
9. Čo tvorí neurogliu v CNS a akú funkciu spĺňa?
10. Čo tvorí neurogliu v PNS a akú funkciu spĺňa?

Použitá literatúra

1. ADAMKOV, M.: Introduction to Functional Histology, Turany: Tlačiareň P+M, 2024.
2. BELÁK, M. a kol.: Veterinárna histológia, Príroda, 1990.
3. BELEJ, K., BELEJ, K. jr.: Histologické medzinárodné názvoslovie, Grada, 2014.
4. CIGÁNKOVÁ, V. a kol.: Veterinárna histológia I., UVLF v Košiciach, 2018.
5. DOMORÁKOVÁ I. a kol.: Základy histológie I – Učebnica a mikroskopický atlas buniek a tkanív, ŠafárikPress, 2023.
6. DOMORÁKOVÁ I. a kol.: Základy histológie II – Učebnica a atlas mikroskopickéj anatómie orgánov, ŠafárikPress, 2023.
7. KAPELLER, K., STRAKELE, H.: Cytomorfológia, Osveta, 1999.
8. SLÍPKA, J., TONAR, Z.: Outlines of Histology, Praha: Karolinum, 2017
9. KLIKA, E. a kol.: Histológia, Osveta, 1988.
10. KRSTIČ, R. V.: Ultrastruktur der Säugetierzelle, Springer Verlag Berlin, 1976
11. LÜLLMANN-RAUCH R.: Histologie, Grada, 2012.
12. MAILLET M.: Collection Histologie et Histophysiologie Humaines, Vigot Freres, Editeurs, Paris, 1976.
13. MECHÍROVÁ, E. a kol.: Histológia, Aprilla, 2007.
14. MESCHER, A.L.: Junqueirovy Základy histológie, 4. vydanie, Galén, 2018.
15. PAWLINA, W., ROSS, M., H. Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
16. POIRIER, J., CHEVREAU, J.: Feuillet D'Histologie Humaine, Librairie Maloine S.A., Paris, 1972.
17. VACEK, Z.: Histológia a histologická technika, Osveta, 1990.
18. VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V.: Lékařská histologie I., 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

Základy histológie

Učebnica pre vysoké školy

Autori: doc. MUDr. Štefan Tóth, PhD.
prof. MUDr. Eva Mechírová, CSc.
MVDr. Zuzana Fagová, PhD.
RNDr. Kristína Čurgali, PhD.
MVDr. Viera Eliášová
MVDr. Monika Holodová, PhD.
MUDr. Alexandra Kunová
MVDr. Katarína Hájovská, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2025
Počet strán: 78
Rozsah: 5,53 AH
Vydanie: prvé



DOI: <https://doi.org/10.33542/ZHI-0487-3>
ISBN 978-80-574-0487-3 (e-publikácia)