

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
Lekárska fakulta



Základy histológie I
Učebnica a mikroskopický atlas buniek a tkanív

Iveta Domoráková a kol.

Košice 2023

Táto publikácia bola realizovaná v rámci projektových aktivít grantu KEGA 024 UPJŠ-4-2021

Základy histológie I

Učebnica a mikroskopický atlas buniek a tkanív

Vysokoškolská učebnica

Autori:

Doc. MVDr. Iveta Domoráková, PhD.

Doc. MVDr. Štefan Tóth, PhD.

MVDr. Zuzana Fagová, PhD.

RNDr. Kristína Čurgali, PhD.

MVDr. Viera Eliášová

MUDr. Alexandra Kunová

MVDr. Monika Holodová, PhD.

Ústav histológie a embryológie, Lekárska fakulta, UPJŠ v Košiciach

Recenzenti:

prof. MVDr. Zuzana Ševčíková, PhD.,

Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie, Ústav morfológických disciplín, Košice

doc. RNDr. Zuzana Daxnerová, CSc.,

Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Ústav biologických a ekologických vied, Košice

Tento text je publikovaný pod licenciou Creative Commons 4.0 - Creative Commons Attribution - NonCommercial - No-derivates 4.0 („Uveďte pôvod - Nepoužívajte komerčne - Nespracovávajújte“)



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

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 30.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.33542/ZH1-0226-8>

ISBN 978-80-574-0226-8 (e-publikácia)

OBSAH

1 HISTOLÓGIA A HISTOLOGICKÁ TECHNIKA (doc. MVDr. Štefan Tóth, PhD.).....	8
1.1 Význam histológie a histologickej techniky	9
1.2 Histologická technika	9
1.3 Farbenie histologických rezov	10
1.3.1 Prehľadné základné histologické farbenie.....	11
1.3.2 Špeciálne histologické farbenie.....	12
1.3.3 Histochemické metódy farbenia	19
1.3.4 Impregnačné metódy	24
1.3.5 Imunohistochemické metódy	26
1.3.6 Imunohistofluoresenčné metódy	27
2 CYTOLÓGIA (doc. MVDr. Štefan Tóth, PhD.)	29
2.1 Cytológia – definícia a metódy cytologického výskumu	30
2.2 Veľkosť a tvar buniek	31
2.3 Základná cytomorfológia bunky – bunkové organely	34
2.3.1 Tvar, veľkosť a uloženie bunkového jadra	34
2.3.2 Tvar buniek a sfarbenie cytoplazmy	38
2.3.2.1 Sféricový (guľovitý) a od neho odvodené tvary	39
2.3.2.2 Hviezdicovitý (nepravidelný) tvar	43
2.3.2.3 Hruškovitý tvar	44
2.3.2.4 Pohárikovitý (súdkovitý) tvar	45
2.3.2.5 Vretenovitý tvar	46
2.3.2.6 Pyramídový tvar	47
2.3.2.7 Polyedrický tvar	48
3 EPITELOVÉ TKANIVO I (MVDr. Monika Holodová, PhD.).....	53
3.1 Krycie epitely	55
3.1.1 Jednovrstvové epitely	56
3.1.2 Viacradové epitely	62
3.1.3 Viacvrstvové epitely.....	65
4 EPITELOVÉ TKANIVO II (RNDr. Kristína Čurgali, PhD.)	71
4.1 Žľazové epitely	72

4.1.1 Exokrinné žľazy	73
4.1.2 Endokrinné žľazy	78
5 VÄZIVOVÉ TKANIVO (doc. MVDr. Iveta Domoráková, PhD.)	81
5. Spojivé tkanivo – úvod, väzivové tkanivo	85
5.1 Morfológia a funkcia fixných buniek väziva	85
5.2 Voľné bunky, blúdivé bunky väziva	91
5.3 Mezenchýmové bunky	96
5.4 Typy väzív	97
5.4.1 Mezenchýmové väzivo	97
5.4.2 Rôsolovité väzivo	97
5.4.3 Kolagénové väzivo	102
5.4.4 Retikulárne väzivo.....	107
5.4.5 Elastické väzivo.....	110
5.4.6 Tukové väzivo	111
6 CHRUPKOVÉ TKANIVO (MVDr. Viera Eliášová)	114
6.1 Všeobecná charakteristika chrupky	115
6.2 Hyalínová chrupka	115
6.3 Elastická chrupka	119
6.4 Väzivová chrupka	122
7 KOSTNÉ TKANIVO – ŠTRUKTÚRA A VÝVOJ (doc. MVDr. Iveta Domoráková, PhD.).....	125
7.1 Mikroskopická štruktúra kostného tkaniva	126
7.2 Typy kostného tkaniva	130
7.2.1 Primárne kostné tkanivo vláknité (fibrilárne).....	130
7.2.2 Sekundárne kostné tkanivo lamelárne	132
7.3 Vývoj kostného tkaniva	138
7.3.1 Dezmogénna osifikácia (intramembránová).....	138
7.3.2 Enchondrálna osifikácia	140
7.3.2.1 Primárna osifikácia dlhých kostí	140
7.3.2.2 Sekundárna osifikácia dlhých kostí	142
8 SVALOVÉ TKANIVO (MUDr. Alexandra Kunová)	154
8.1 Všeobecná charakteristika svalového tkaniva	155
8.2 Priečne pruhovaná kostrová svalovina	155

8.3 Priečne pruhovaná srdcová svalovina	161
8.4 Hladká svalovina	163
9 KRVNÉ ELEMENTY (RNDr. Kristína Čurgali, PhD.)	166
9.1 Erytrocyty	167
9.2 Leukocyty	167
9.2.1 Granulocyty	168
9.2.1.1 Neutrofilné granulocyty	169
9.2.1.2 Eozinofilné granulocyty	170
9.2.1.3 Bazofilné granulocyty	170
9.2.2 Agranulocyty	171
9.2.2.1 Monocyty	171
9.2.2.2 Lymfocyty	172
9.3 Trombocyty	172
10 KOSTNÁ DREŇ (MVDr. Zuzana Fagová, PhD.)	175
10.1 Všeobecná charakteristika kostnej drene	176
10.1.1 Typy kostnej drene	176
11 NERVOVÉ TKANIVO (MVDr. Zuzana Fagová, PhD.)	181
11.1 Všeobecná charakteristika nervového tkaniva	182
11.2 Typy nervových buniek podľa tvaru	182
11.2.1 Okrúhly tvar bunky – pseudounipolárne neuróny	182
11.2.2 Hviezdicovitý tvar bunky – multipolárne neuróny	184
11.2.3 Hruškovitý tvar bunky – Purkyňove bunky.....	185
11.2.4 Pyramídové bunky – Betzove bunky.....	187
11.3 Gliové bunky	189
11.4 Selektívne metódy na znázornenie neuroglie	190
11.5 Nervové tkanivo miechy – Nisslova metóda	197
11.5.1 Sivá hmota miechy	198
11.5.2 Biela hmota miechy.....	199
11.5.3 Centrálny kanál.....	199

Predslov

Elektronická učebnica: *ZÁKLADY HISTOLÓGIE I – Učebnica a mikroskopický atlas buniek a tkanív*, autorského kolektívu Iveta Domoráková, Štefan Tóth, Zuzana Fagová, Kristína Čurgali, Viera Eliášová, Alexandra Kunová a Monika Holodová; Šafarik Press, (2023) je dostupná na <http://unibook.upjs.sk>.

Učebnica je určená pre štúdium pregraduálnych a postgraduálnych študentov všeobecného a zubného lekárstva na lekárskech fakultách a tiež pre študentov veterinárskeho lekárstva a farmácie, študentov biológie na prírodovedeckých fakultách. Autori učebnice a atlasu okrem textovej časti vytvorili veľký súbor mikroskopických fotografií z bohatého archívu preparátov na Ústave histológie a embryológie Lekárskej fakulty UPJŠ v Košiciach. Prevažná väčšina autorských fotografií bola zafarbená základnou histologickou metódou hematoxylín – eozín, ale v učebnici študenti nájdu aj špeciálne farbenia, napríklad rôzne typy trichrómových farbení, špecifického farbenia konkrétnych tkanivových štruktúr, histochemické farbenia na znázornenie chemických komponentov tkaniva a tiež niektoré finančne nákladné imunohistochemické metódy, ktoré študent nemá možnosť individuálne študovať na praktických cvičeniach

Mikrofotografie boli vyhotovené na zariadeniach: Olympus BX50 s digitálnou kamerou Canon EOS 2000D a softvérom QP Industrial 3.2.

Recenzovaná elektronická učebnica: *ZÁKLADY HISTOLÓGIE I – Učebnica a mikroskopický atlas buniek a tkanív* bola zrealizovaná s podporou grantu **KEGA MŠ SR 024 UPJŠ-4-2021**.

Autorský kolektív ďakuje prednostke Ústavu histológie a embryológie prof. MUDr. Eve Mechírovej, CSc. za podporu pri príprave vysokoškolskej učebnice.

Naše poďakovanie patrí skúseným laborantkám: Anne Hantke, Ľuboslave Háberovej a Anne Hornákovovej, ktoré prispeli k spracovaniu množstva vzoriek tkanív a využili svoje dlhoročné skúsenosti so širokou škálou základných ale aj vysoko špecifických farbiacich metód a tak prispeli ku kvalite obrazovej dokumentácie v atlase.

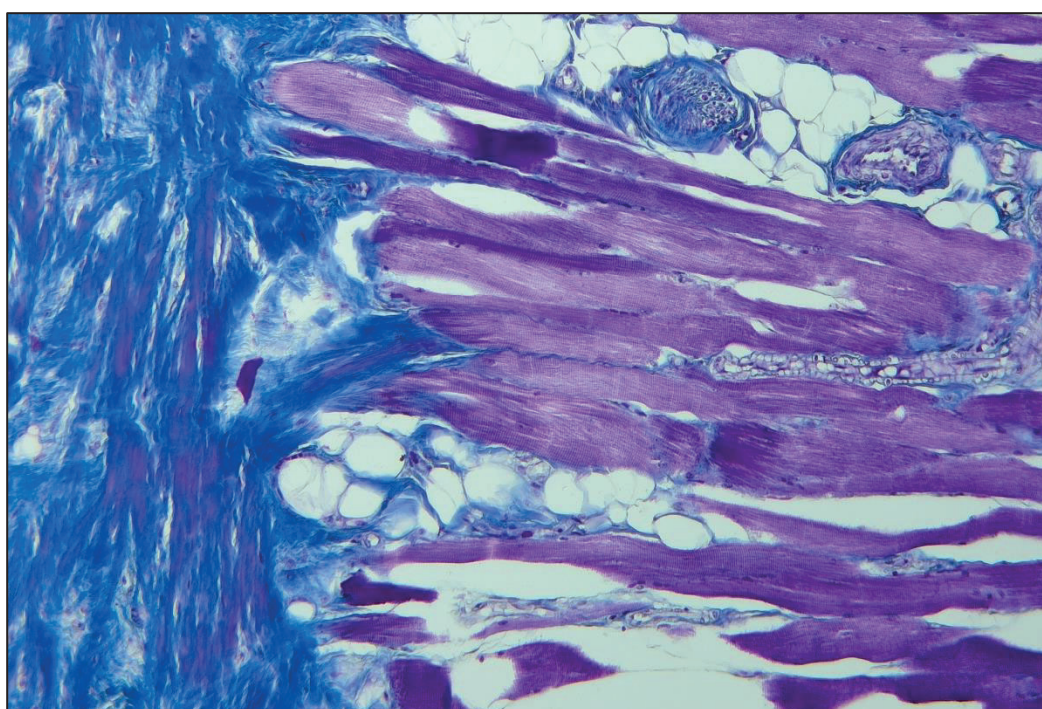
Dúfame, že sa nové učebné texty a farebný atlas buniek a tkanív stanú dobrou inštruktívnou pomôckou pre študentov všeobecného a zubného lekárstva pri štúdiu predmetu histológie a embryológie. Autorský kolektív ocení akékoľvek pripomienky od užívateľov, ktoré prispajú k skvalitneniu predloženej učebnice.

Košice, 2023

Iveta Domoráková a spoluautori

1 HISTOLÓGIA A HISTOLOGICKÁ TECHNIKA

doc. MVDr. Štefan Tóth, PhD.



1.1 Význam histológie a histologickej techniky

1.2 Histologická technika

1.3 Farbenie histologických rezov

1.3.1 Prehľadné základné histologické farbenie

1.3.2 Špeciálne histologické farbenie

1.3.3 Histochemické metódy farbenia

1.3.4 Impregnačné metódy

1.3.5 Imunohistochemické metódy

1.3.6 Imunohistofluoresenčné metódy

1 HISTOLÓGIA A HISTOLOGICKÁ TECHNIKA

1.1 Význam histológie a histologickej techniky

Histológia je morfológická vedná disciplína, ktorá skúma mikroskopickú stavbu buniek, tkanív a orgánov pomocou svetelného a elektrónového mikroskopu. Hlavnými cieľmi je:

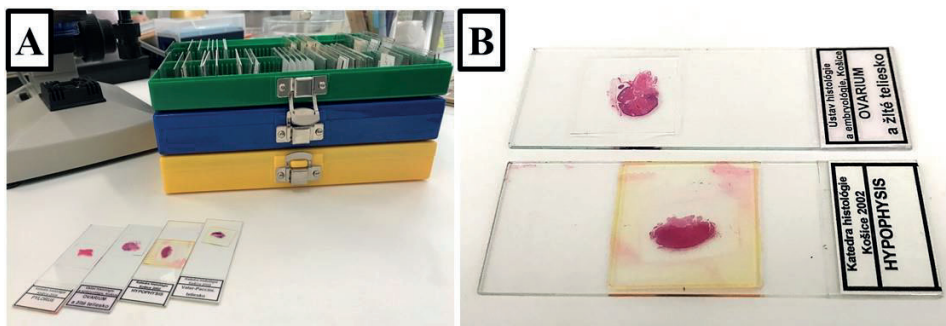
- porozumieť štruktúre tkanív na úrovni, ktorú nemožno pozorovať voľným okom, vrátane priestorových vzťahov medzi jednotlivými biochemickými zložkami buniek a tkanív,
- porozumieť vzťahu medzi štruktúrou a funkciou tkanív,
- vytvoriť základ pre štúdium histopatológie (náuka o chorobných zmenách v tkanive).

Histológia a histologická technika má v medicíne dôležitý význam a nezastupiteľnú úlohu v diagnostike.

1.2 Histologická technika

Histologická technika sa zaoberá spôsobmi prípravy vzoriek tkanív na histologické vyšetrenie. Zahŕňa rôzne metódy a postupy, ktoré umožňujú prípravu histologických preparátov. Histologické preparáty pozorujeme najčastejšie v prechádzajúcom svetle a je nevyhnutné, aby spĺňali nasledovné základné podmienky: (1) hrúbka tkanivového rezu na podložnom sklíčku musí byť **tenká** a **prievitná**; (2) histologický preparát po zafarbení musí byť **kontrastný**, aby bolo možné odlíšiť od seba jednotlivé štruktúry; (3) tkanivo **nesmie byť pozmenené posmrtným rozkladom** alebo nešetrnými zásahmi pri odbere a ďalšom spracovaní tkaniva.

Histologické preparáty slúžia na pedagogické, diagnostické a prípadne vedecko-výskumné účely. Tkanivá a orgány je možné mikroskopicky študovať v čerstvom stave – **natívny preparát**, alebo mŕtve po predchádzajúcej fixácii – **trvalý histologický preparát**.



Obr. 1.1 Trvalé histologické preparáty. A. plastové dózy pre uchovávanie trvalých histologických preparátov; B. označené trvalé histologické preparáty.

1.3 Farbenie histologických rezov

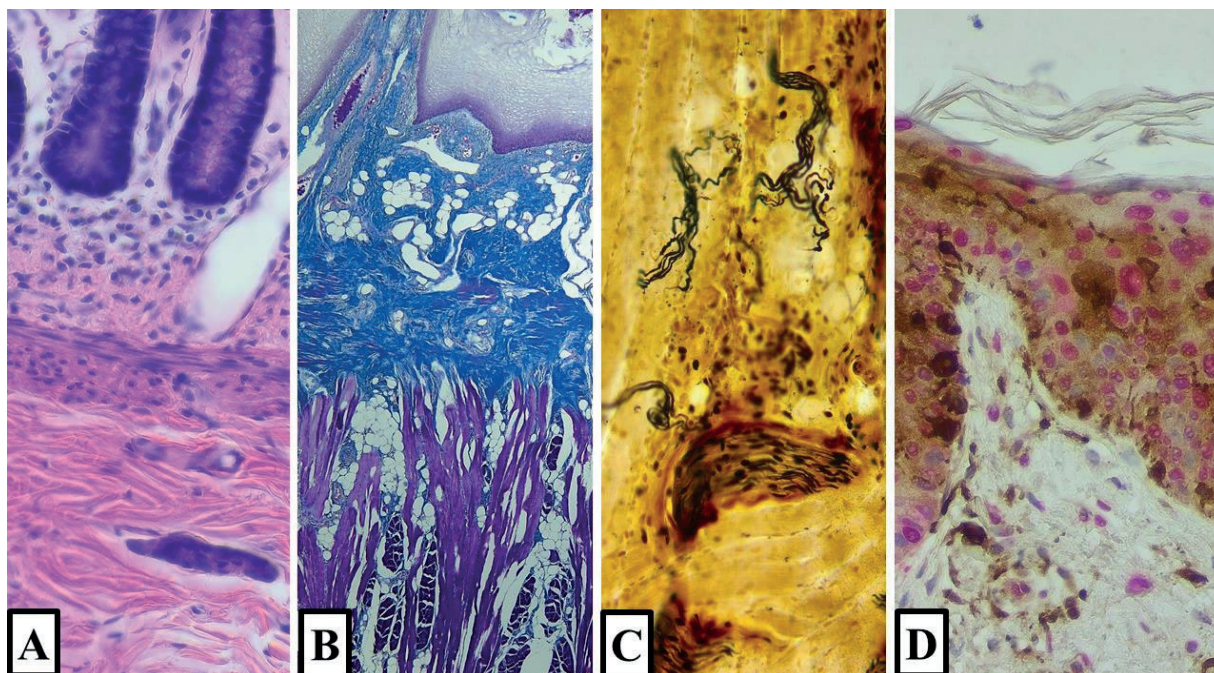
Na štúdium vo svetelnom mikroskope sú tkanivá a orgány použiteľné iba v podobe tenkých histologických rezov, ktoré je nutné zafarbiť niektorou zo širokej palety histologických farbiacich metód. **Dobre zafarbený histologický rez je základom pre správne štúdium preparátu pod mikroskopom. Hlavným cieľom farbenia je dosiahnuť dostatočný kontrast jednotlivých štruktúr tkaniva, ktoré by v prechádzajúcom svetle optiky mikroskopu nevynikli, nakoľko majú rovnaký index lomu svetla. Na tento účel slúžia histologické farbivá. Odlišné súčasti buniek a tkanív na seba viažu rozličné farbivá, majú teda rozdielnu afinitu k farbivám. Histologické farbiace metódy je vo všeobecnosti možné rozdeliť na 4 základné skupiny:**

(A) **Prehľadné (základné) histologické farbenie** – pri vhodnej kombinácii niekoľkých farbív sa odlišne zafarbia jadrá, cytoplazma prípadne iné štruktúry,

(B) **Špeciálne histologické farbenie** – zvýraznenie niektorej hľadanej štruktúry na úrovni buniek a medzibunkovej hmoty tkanív,

(C) **Impregnačné metódy** – na zvýraznenie niektorých selektívne vybraných štruktúr (neuróny, neuroglia, nervové príp. retikulárne vlákna) sa používajú soli striebra, zlata a prípadne chrómu,

(D) **Imunohistochemické (imunocytochemické) metódy** – predstavujú spôsob identifikácie bunkových a tkanivových štruktúr pomocou špecifickej väzby antigénu a protilátky s následnou farebnou vizualizáciou komplexu antigén-protilátka pomocou fluorescenčných farbív alebo chromogénov.



Obr. 1.2 Histologické farbiace metódy. A. Prehľadné histologické farbenie. (Jejunum, farbenie: HE); B. Špeciálne histologické farbenie. (Lingua, farbenie: Massonov trichróm); C. Impregnačná metóda. (Lingua, farbenie: Bielschowsky); D. Imunohistochemia. (Cutis, farbenie: anti-MCM2 + anti-S100)

1.3.1 Prehľadné základné histologické farbenie

Farbenie metódou hematoxylín a eozín

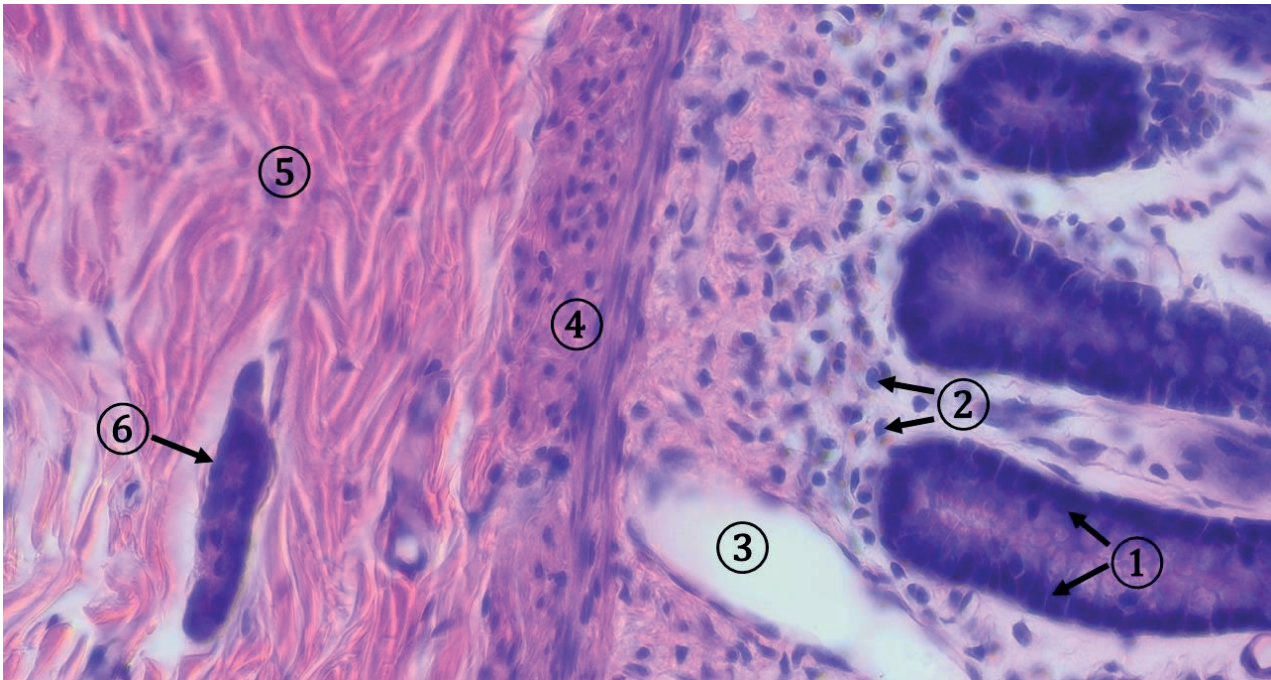
Farbenie metódou hematoxylín a eozín (HE) je zo všetkých prehľadných metód dodnes najpoužívanjšie, predstavuje základnú rutinnú histologickú metódu farbenia. **Hematoxylín** ako pôvodne rastlinné zásadité („jadrové“) farbivo farbí jadrá buniek na modro-fialovo. **Eozín** predstavuje synteticky pripravené kyslé („cytoplazmatické“) farbivo, farbí cytoplazmu buniek na ružovo-červeno.



Obr. 1.3 Základné farbivá používané pri metóde HE. **A.** Rad sklenených kyviet v histologickom laboratóriu pripravených na farbenie metódou HE; **B.** Histologické farbivá v sklenenej kyvete pripravené na použitie – tmavo-fialový vodný roztok hematoxylínu „jadrové farbivo“ (vľavo), oranžovo sfarbený fluoreskujúci, opaleskujúci alkoholový roztok eozínu „cytoplazmatické farbivo“ (vpravo).

Acidofília (eozinofília): jav, keď sa tkanivové štruktúry obsahujúce bázické (zásadité) skupiny – napríklad bázické cytoplazmatické proteíny zafarbia kyslými farbivami (napr. všeobecne cytoplazma buniek, erytrocyty, svalové a kolagénové vlákna).

Bazofília: jav, keď sa tkanivové štruktúry obsahujúce kyslé skupiny – nukleové kyseliny (DNA, RNA) alebo polyanióny – sulfónované glykosaminoglykány zafarbia zásaditými farbivami (napr. bunkové jadro, jadierko, ribozómy, GER, Nisslova hmota neurónov).



Obr. 1.4 Farbenie metódou hematoxylín-eozín (HE). 1 – bazofilné bunkové jadrá epitelových buniek, 2 – bazofilné jadrá väzivových buniek, 3 – lúmen cievy, 4 – hladká svalovina, 5 – husté neusporiadané kolagénové väzivo obsahuje eozinofilné kolagénové vlákna, 6 – vegetatívne nervové ganglion. (Jejunum, farbenie: HE)

1.3.2 Špeciálne histologické farbenie

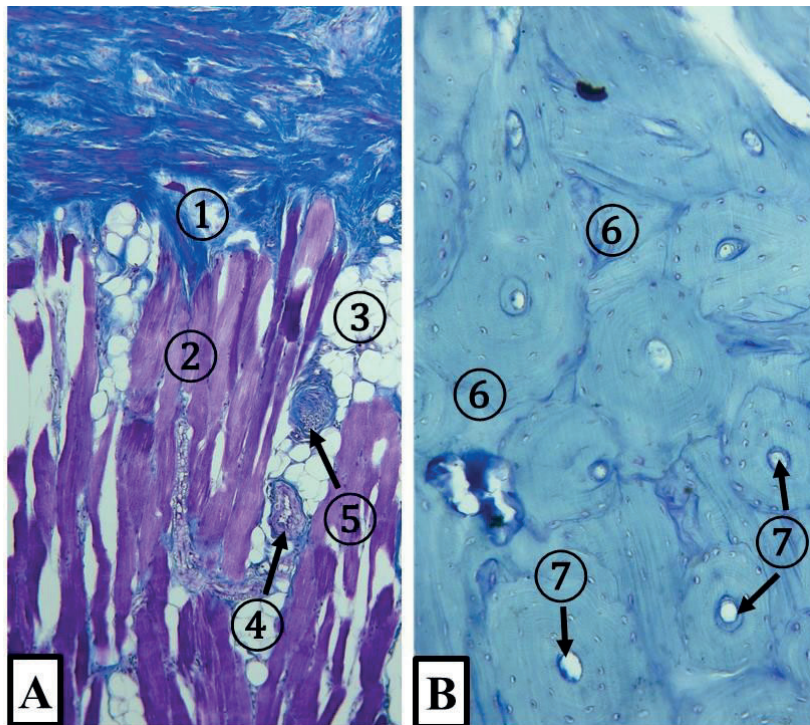
Na rozdiel od prehľadných farbiacich metód sa pri **špeciálnom – selektívnom** farbení znázornia len určité komponenty (zložky) tkaniva (napr. elastické, kolagénové vlákna). Z veľkého počtu rôznych špeciálnych farbiacich metód veľmi často používanými metódami je farbenie na kolagén (*Massonove trichrómy*), elastín prípadne ich kombinácia.

Massonove trichrómy

Rozoznávame 3 základné druhy trichrómov, podľa toho aké farbivo sa používa na znázornenie kolagénových vlákien. Pri použití anilínovej modrej sa kolagén farbí na modro, ide o **modrý trichróm**. Osobitnú modifikáciu modrého trichrómu predstavuje **farbenie Azokarmín-Mallory „Azan“**. Pri použití svetlej zelene sa kolagén farbí na zeleno, ide o **zelený trichróm**. Ak sa na znázornenie kolagénových vlákien použije šafrán, hovoríme o **žltom trichróme**. **Goldner** a **Crossmon** modifikovali zelený trichróm. Táto metóda okrem toho, že farbí kolagén oveľa intenzívnejšie zeleno, sa využíva na znázornenie osteoidu v kosti.

Farbenie Modrý trichróm podľa Massona

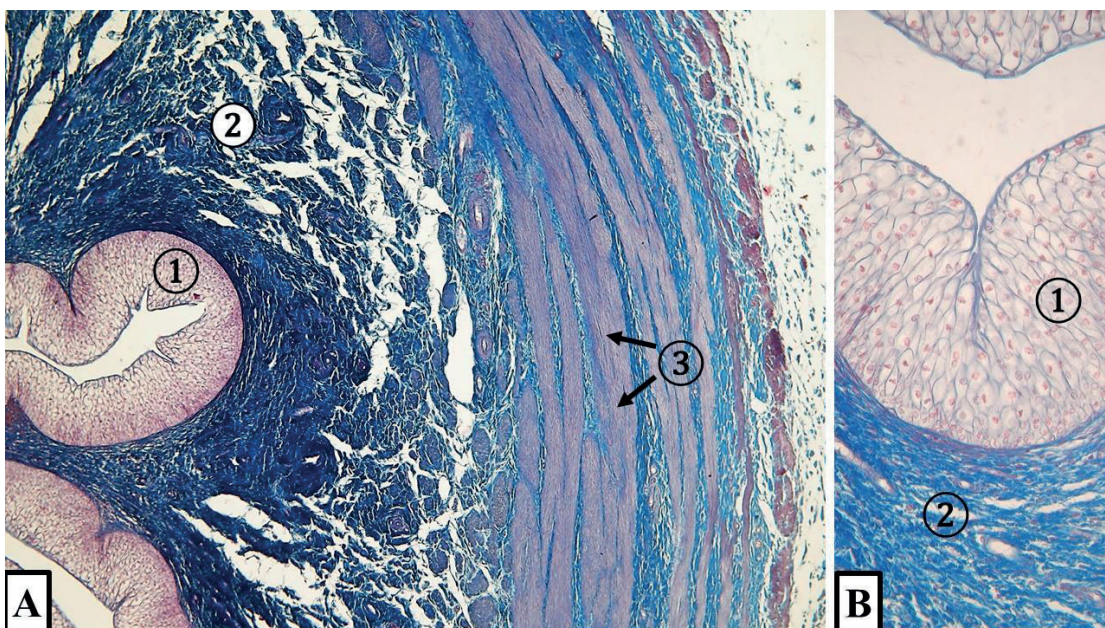
Pri farbení MMT sa používa **železitý hematoxylín**, ktorý farbí ako zásadité farbivo bazofilné zložky hnedo-čierno, kyslé farbivo **kyslý fuchsín**, farbí acidofilné zložky ružovo-červeno a **anilínová modrá** farbí kolagénové vlákna do modra.



Obr. 1.5 Farbenie Modrý trichróm podľa Massona (MMT). **A.** 1 – modro sfarbené kolagénové väzivo, 2 – kostrová svalovina, 3 – univakuolárne adipocyty, 4 – krvná cieva v riedkom kolagénovom väzive, 5 – zväzok nervových vlákien; **B.** 6 – kostné tkanivo, 7 - cievy v Haversovom kanáli osteónu. (**A:** Lingua, **B:** Kompaktné kostné tkanivo, farbenie: MMT)

Metóda Azokarmín-Mallory „AZAN“

Pri tejto metóde farbenia sa používajú 3 farbivá: **azokarmín**, predstavuje zásadité farbivo farbiace jadrá buniek na červeno a **Malloryho zmes**, zložená z 2 kyslých farbív - anilínovej modrej a oranž G. **Anilínová modrá** farbí kolagénové vlákna do modra a **oranž G** zvýrazňuje acidofilné komponenty cytoplazmy, ktoré sa sfarbia do oranžova.



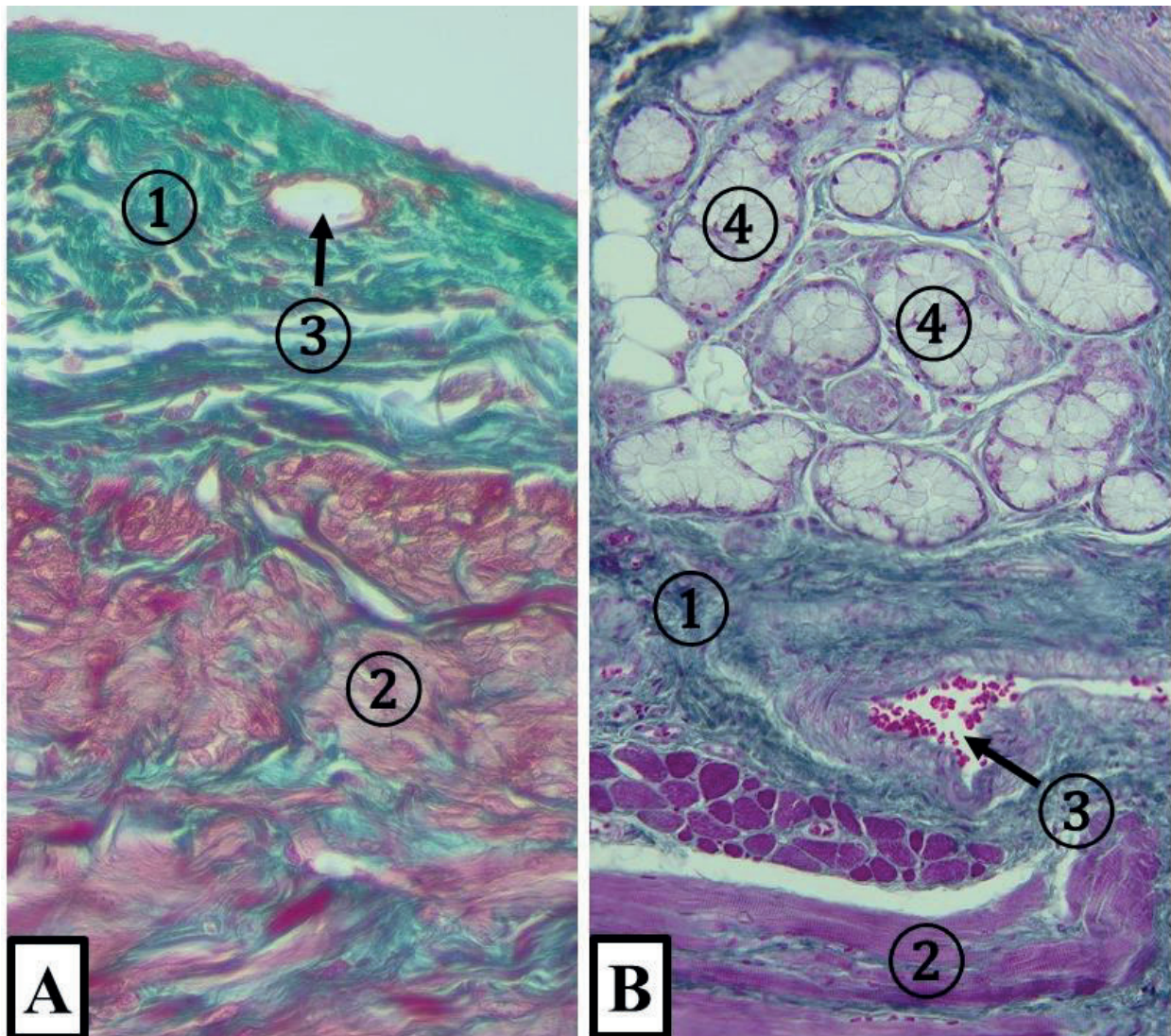
Obr. 1.6 Farbenie Azokarmín-Mallory „AZAN“. 1 – epitel, 2 – kolagénové väzivo, 3 – snopce pozdĺžne zrezaných hladkých svalových buniek. (**A, B:** Ureter, farbenie: AZAN)

Farbenie Zelený trichróm podľa Massona (*Goldnerova* modifikácia)

Pri prehľadnom farbení podľa Massona sa používa **železitý hematoxylín**, ktorý ako typické zásadité farbivo farbí jadrá buniek na hnedo-čierno, kyslé farbivo **oranž G** farbí cytoplazmu buniek od oranžovej po červenú farbu a **svetlá zeleň**, ktorá ako kyslé farbivo farbí kolagénové vlákna na zeleno.

Farbenie Zelený trichróm podľa Crossmona

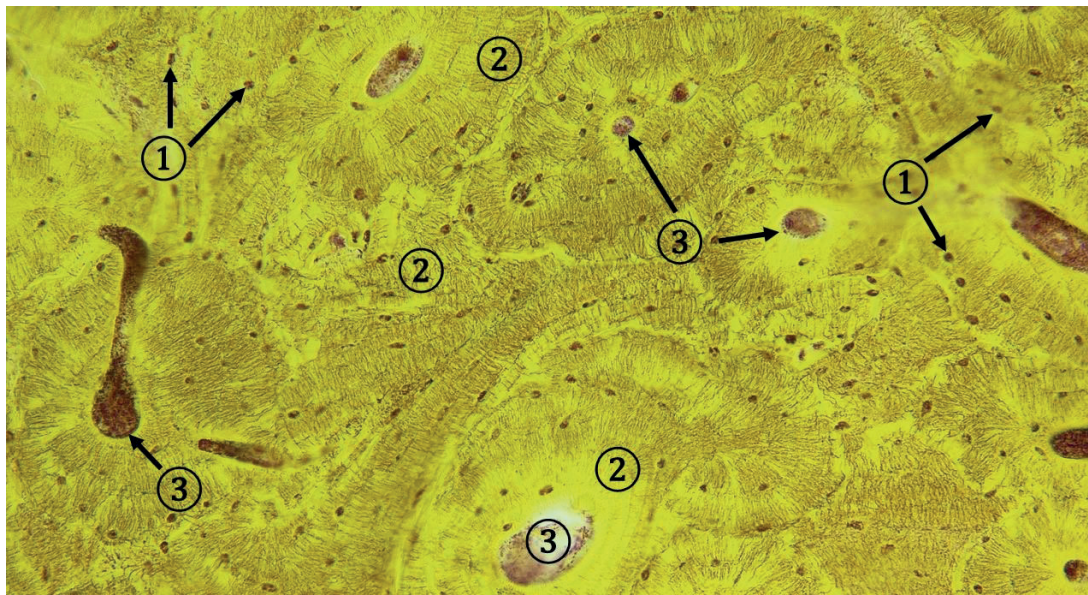
Pri prehľadnom farbení podľa *Crossmona* sa používa **Weigertov hematoxylín**, ktorý farbí ako typické zásadité farbivo jadrá na čierne, kyslé farbivo **fuchsín S**, ktorý farbí cytoplazmu na fialovo, ďalej **oranž G** farbí sekrečné granuly v bunkách a **svetlá zeleň**, ktorá farbí kolagénové vlákna na zeleno.



Obr. 1.7 Farbenie zelený trichróm. A. Zelený trichróm podľa Massona (*Goldnerova* modifikácia); B. Zelený trichróm podľa *Crossmona*. 1 – zeleno sfarbené kolagénové väzivo, 2 – svalové tkanivo (A - hladká svalovina; B - kostrová svalovina), 3 – krvná cieva, 4 – exokrinné mucinózne žľazy. (A. Ductus deferens, B. Oesophagus, farbenie: zelené trichrómy)

Farbenie Žltý trichróm podľa *Massona*

Pri trichrómovom farbení podľa *Massona* sa používa **hematoxylín**, ktorý farbí všetky bazofilné zložky (jadrá buniek) modro, kyslé farbivá **erytrozín** a **šafrán**, farbía acidofilné komponenty buniek a tkanív (kostný matrix) do žlta.



Obr. 1.8 Farbenie žltý trichróm podľa *Massona*. 1 – kostné bunky, 2 – kolagénové vlákna v kostnom matrixe sa farbía žlto, 3 – cievy v centre osteónu. (Kosť, farbenie: žltý trichróm)

Weigertova – van Giesonova metóda farbenia

Metóda má nezastupiteľné miesto pri farbení kolagénových vlákien. **Weigertov železitý hematoxylín** farbí bazofilné zložky modro-čierno až hnedo-čierno. **Pikrofuchsin** farbí kolagénové väzivo čerešňovo-červeno, svalové tkanivo, erytrocyty a hlien sú žlté.



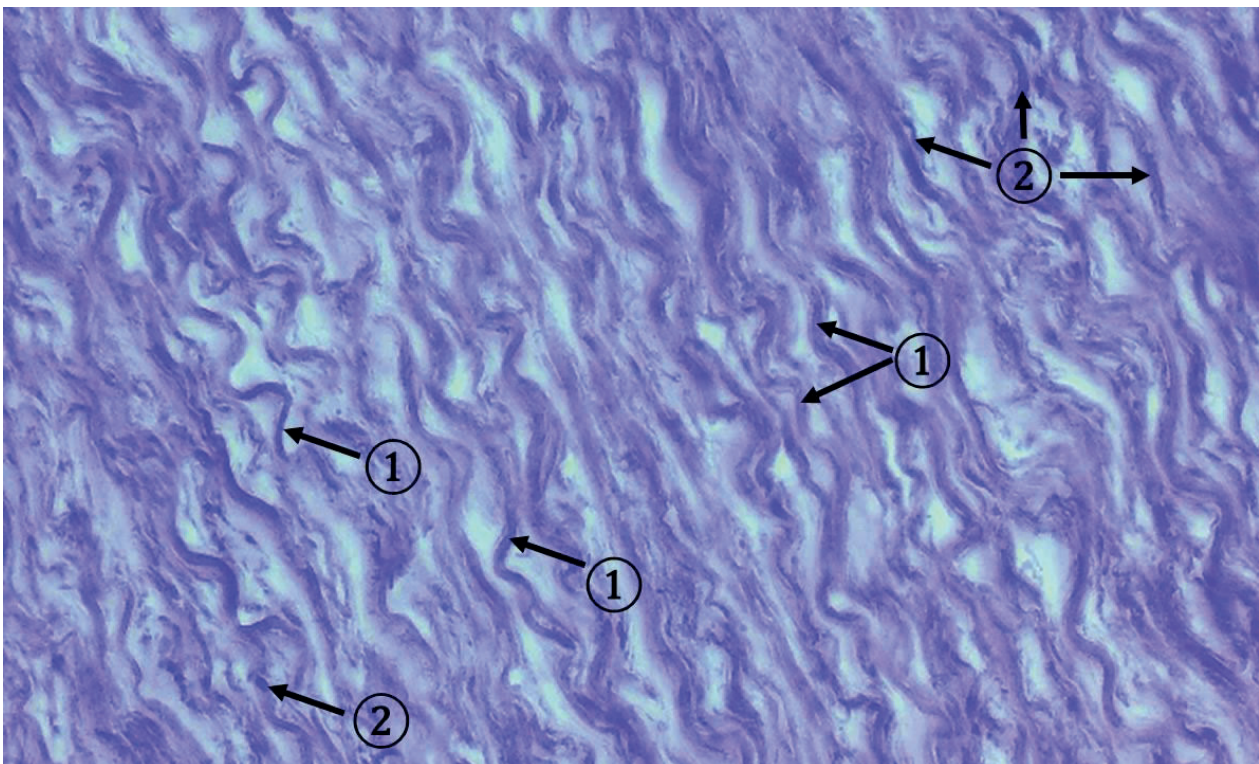
Obr. 1.9 *Weigertova – van Giesonova metóda farbenia*. 1 – jadrá buniek, 2 – cytoplazma buniek, 3 – kolagénové vlákna sfarbené do červena, 4 – erytrocyty v lúmene krvných ciev. (Autonómne nervové ganglion, farbenie: *Weigert - van Gieson*)

Farbenie na elastín (elastických vlákien)

Z veľkého počtu rôznych špeciálnych farbiacich metód veľmi často používanými metódami je farbenie na elastín. Elastické vlákna sú zložené z bielkoviny **elastínu**. Špeciálne farbivá, ktorými znázorňujeme prítomnosť elastických vlákien alebo elastických membrán, sú **rezorcín-fuchsín**, **orceín**, aldehydový fuchsín a Viktorina modrá.

Farbenie elastínu rezorcín-fuchsín

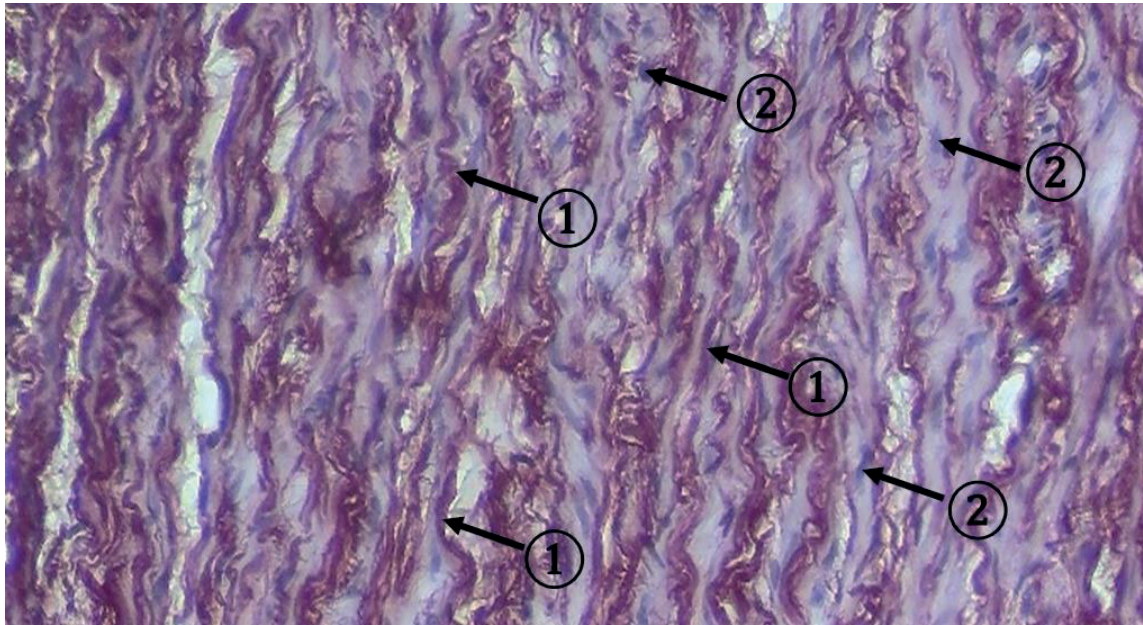
Pozitívne zafarbené elastické vlákna sú pri tomto farbení **modro-fialové** s fialovým až nahnedlým farebným nádychom, ostatné bunkové a tkanivé zložky (okrem chrupky) sú zväčša svetlosivé, prípadne podľa použitého dofarbenia (jadrá buniek môžeme kontrastne dofarbovať napr. karmínom).



Obr. 1.10 Farbenie elastínu metódou rezorcín-fuchsín. 1 – elastické membrány sfarbené modro-fialovo, 2 – málo zreteľné jadrá hladkých svalových buniek v medzibunkovom matrice. (Aorta - elastické väzivo v tunica media, farbenie: rezorcín-fuchsín)

Farbenie elastínu orceínom

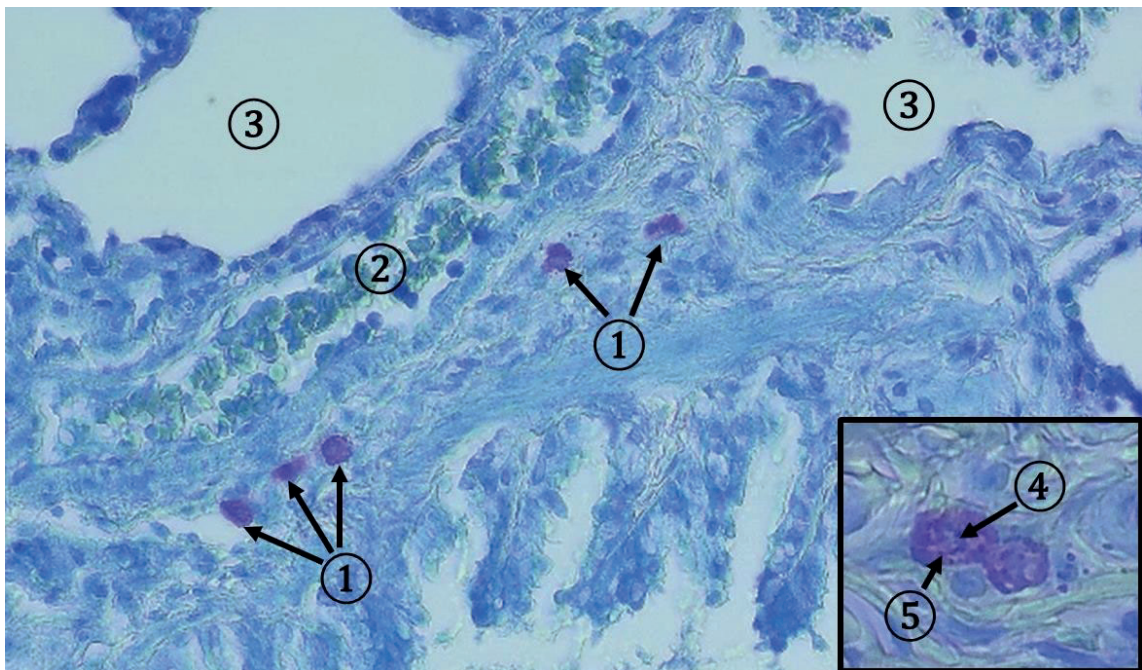
Elastické vlákna sú pri tejto metóde farbenia **tmavo-hnedé** príp. **červeno-hnedé**, ostatné bunkové a tkanivé zložky podľa dofarbenia (najčastejšie dofarbené hematoxylínom sú jadrá buniek – modré).



Obr. 1.11 Farbenie elastínu. 1 – elastické membrány, 2 – jadrá hladkých svalových buniek obklopené medzibunkovou hmotou. (Aorta, farbenie: orceín)

Metachromatické farbenie krezylovou violet'ou

Žírne bunky (mastocyty, heparinocyty) sa vyskytujú v riedkom kolagénovom väzive. Cytoplazma mastocytov obsahuje sekrečné granuly, ktoré sa farbja metachromaticky. **Metachromatické farbenie** je charakteristické tým, že štruktúry javiace metachromáziu získavajú **iný tón zafarbenia** ako použité farbivo. **Metachromázia** je podmienená kyslými sulfónovanými mukopolysacharidmi. Sekrečné granuly mastocytov sú zafarbené **fialovo-červeno** = **metachromaticky**, **bunkové jadrá** sa farbja **na modro** = **ortochromaticky**.

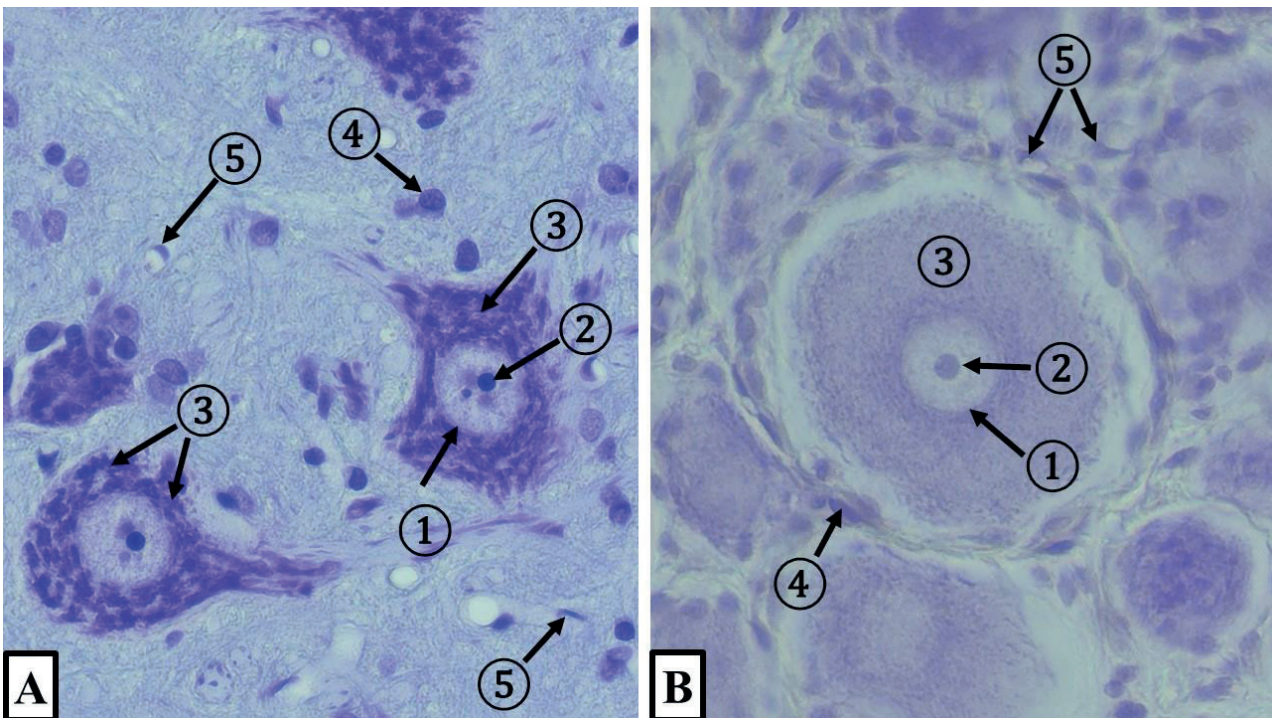


Obr. 1.12 Farbenie mastocytov. 1 – metachromatické sfarbenie sekrečných granúl v cytoplazme mastocytov, 2 – erythrocyty v lúmene cievy, 3 – parenchým pľúc, 4 – bunkové jadro mastocytu, 5 – detail sekrečných granúl. (Pulmo, farbenie: krezylova violet')

Nisslova metóda farbenia

Nisslova substancia (hmota) alebo **tigroidná hmota** je v svetelnej mikroskopii označenie pre nahromadenie granulovaného endoplazmatického retikula a ribozómov v cytoplazme nervových buniek. K farbeniu Nisslovej substancie sa najčastejšie používa **Nisslova metóda** a spektrum jej modifikácií. V histologickej praxi je často táto metóda uvádzaná ako dôležitá a **základná metóda farbenia v neurohistológii**. Najčastejšie sa v pracovnom postupe používa farbenie **krezylovou violet'ou, toluidínovou modrou** alebo **tionínom**. Z fixačných tekutín dáva najlepšie výsledky farbenia fixácia 96% etanolom, pretože pri použití formolu, sfarbenie Nisslovej substancie nie je tak výrazné a má tendenciu časom blednúť (ale podľa našich skúseností aj fixácia formolom pri použití farbenia krezylovou violet'ou dáva uspokojivé výsledky).

Pri použití postupu **znázornenia Nisslovej substancie krezylovou violet'ou** je výsledkom **fialové sfarbenie** Nisslovej substancie na **bledofialovom až bezfarebnom pozadí**. Krezylová violet' ako typické zásadité (bázické) histologické farbivo **znázorňuje všetky bazofilné štruktúry nervovej bunky** príp. **okolitého nervového tkaniva** (obsahujúce po chemickej stránke kyslé látky predovšetkým nukleové kyseliny DNA a RNA – jadrový chromatín, jadierko, Nisslova hmota).



Obr. 1.13 Znáznornenie Nisslovej substancie krezylovou violet'ou. **A.** Veľké multipolárne motorické neuróny vo ventrálnoch rohoch miechy; **B.** Pseudounipolárne neuróny v spinálnom gangliu. 1 – bunkové jadro, 2 – jadierko, 3 – Nisslova substancia v cytoplazme neurónu, 4 – bunkové jadrá neurogliových buniek, 5 – endotel krvných kapilár. (A. Ganglion spinale sensorium, farbenie: Nisslova metóda; B. Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

1.3.3 Histochemické metódy farbenia

Na rozdiel od klasického farbenia buniek, tkanív a ich jednotlivých zložiek, ktoré sa väčšinou zakladá na **chemických a fyzikálno-chemických reakciách, histochemické metódy (histochémia)** využívajú **špecifické chemické reakcie**, ktoré neprebiehajú *in vitro*, ale v prostredí tkanivového rezu. Na základe známej chemickej reakcie, za prítomnosti príslušného reagensu sa dá dokázať prítomnosť hľadanej látky, ktorá sa prejaví prítomnosťou typického zafarbenia.

Medzi najbežnejšie histochemické metódy môžeme zaradiť:

1. Metódy na dôkaz lipidov a príbuzných látok (fosfolipidy).
2. Metódy na dôkaz sacharidov.
3. Metódy na dôkaz chemických prvkov.

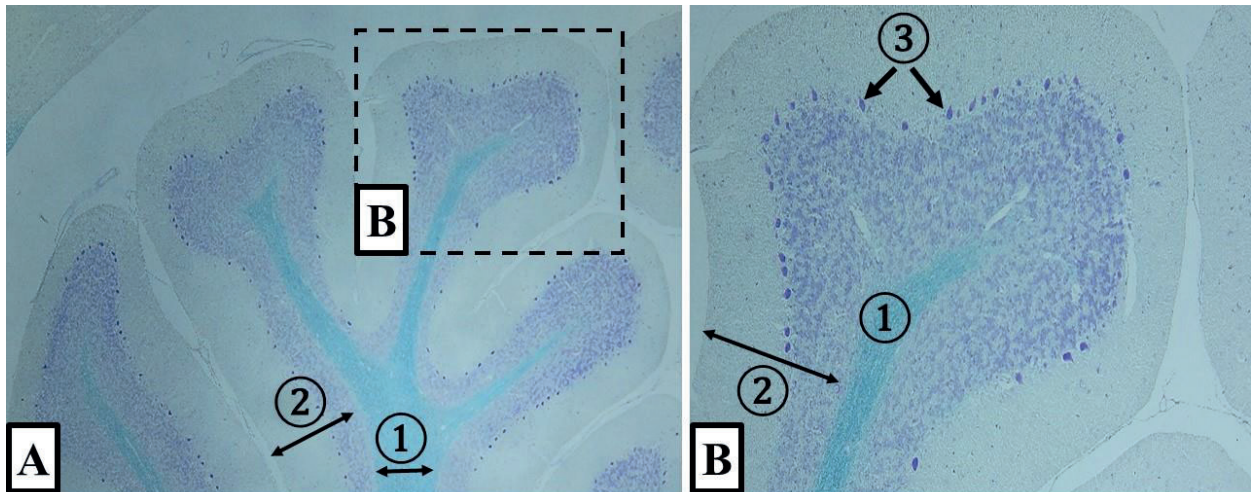
Dôkaz lipidov metódami s použitím farbív rozpustných v tukoch

Lipidy predstavujú pomerne heterogénnu skupinu organických látok, ktorých spoločnou vlastnosťou je rozpustnosť v organických rozpúšťadlách. Spracovanie materiálu na dôkaz lipidov sa prísne riadi ich vlastnosťami. Nemožno pri postupe dôkazu použiť organické rozpúšťadlá (alkohol, xylén, acetón, atď.), ktoré lipidy extrahujú. Preto sa vzorky najčastejšie spracúvajú v podobe zmrazených rezov a pri montovaní sa používajú médiá rozpustné vo vode (napr. glycerín-želatína, Mowiol).

Vzhľadom k heterogenite tukov sa používajú rozličné špeciálne metódy a postupy k identifikácii rôznych typov lipidov. Pri farbení sa používajú tzv. **lipofilné farbivá** rozpustné v tukoch – **farbivá sudanového radu**, ktoré sú nerozpustné vo vode. Lipidy sa v bunkách vyskytujú v podobe kvapôčok (nepolárne lipidy) alebo sú viazané v tkanivách iným spôsobom (napr. membránové fosfolipidy a glykolipidy, myelínová pošva nervových vlákien).

Dôkaz fosfolipidov

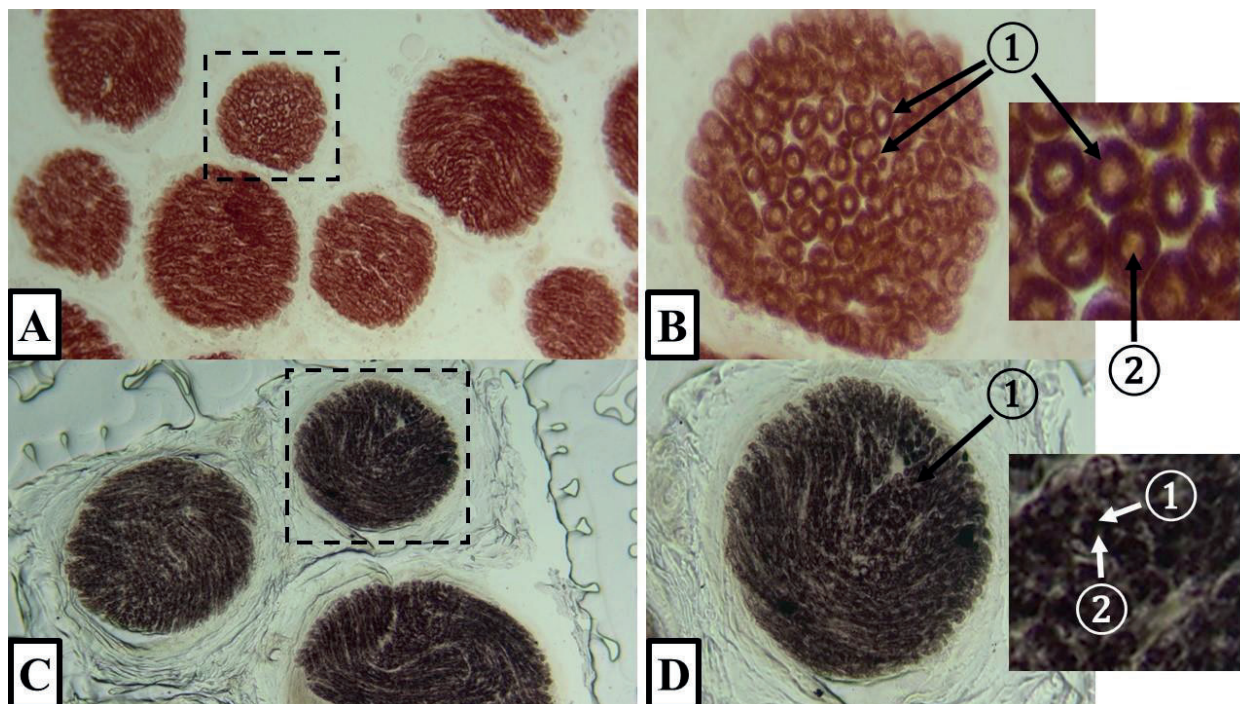
Myelínové pošvy obaľujú nervové vlákna – axóny neurónov. Myelínové pošvy sú produkované populáciou špecifických myelín syntetizujúcich a produkujúcich podporných nervových buniek (v CNS-oligodendrocytmi, v PNS-Schwannovými bunkami). Myelínová pošva má lamelárnu štruktúru, ktorá je podmienená striedaním vrstiev lipidov a proteínov. Histochemicky tu dokazujeme fosfolipidovú zložku **farbením luxolovou modrou**. Pri tomto farbení sú myelínové pošvy axónov zeleno-modré, všetky bazofilné štruktúry dofarbené krezolovou violetou – fialové.



Obr. 1.14 Farbenie fosfolipidov luxolovou modrou. Panel A, B: 1 – fosfolipidy v myelínovej pošve axónov (biela hmota), 2 – sivá hmota kôry mozôčka, 3 – vrstva Purkyňových buniek. (Cerebellum, farbenie: Klüver-Barrera s luxolovou modrou)

Farbenie lipidov farbivami sudanového radu – sudan III a sudanová čierna

Na dôkaz lipidov metódami s použitím lipofilných farbív tzv. farbivami sudanového radu sa v histologickej praxi používajú najčastejšie: **sudanová červená/červený sudan** alebo **sudanová čierna/čierny sudan**, **sudan II, III** alebo **IV**. Výsledok farbenia závisí od použitého sudanového farbiva.

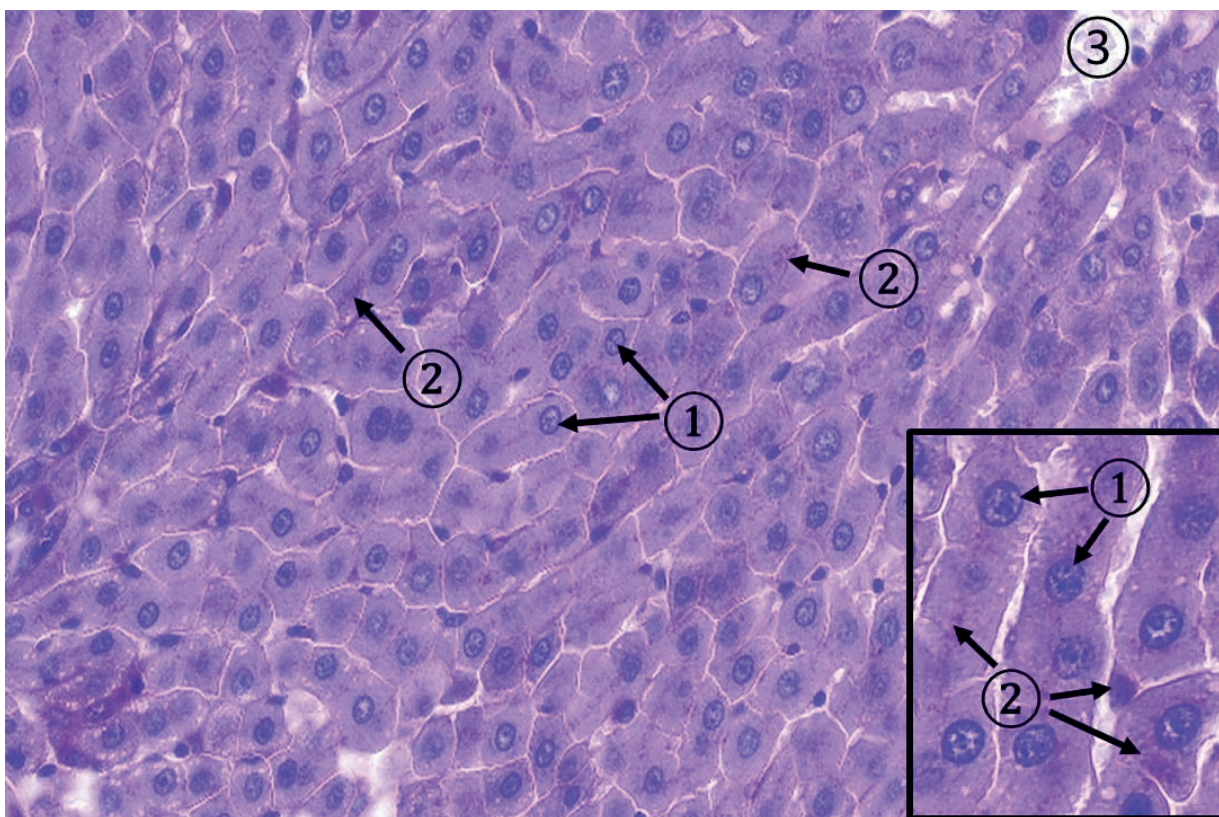


Obr. 1.15 Farbenie lipidov farbivami sudanového radu. Panel A-B: lipidy v myelínovej pošve sa farbja **sudanom III** – tehlovo-červeno, panel C-D: lipidy v myelínovej pošve sa farbja **sudanovou čiernou** – čierne (farbia sa aj zložené fosfolipidy). 1 – lipidy v myelínovej pošve axónov, 2 – axón (Nervus spinalis mixtus, farbenie: sudan)

Reakcia-PAS podľa *McManusa* (metóda PAS)

Polysacharidy (glykogén, neutrálne mukopolysacharidy, mukoproteíny a glykolipidy) sa všeobecne spoľahlivo dokazujú reakciou PAS (Periodic Acid, Schiff). Táto histochemická metóda spočíva v oxidácii polysacharidov kyselinou jodistou za vzniku aldehydov, ktoré reagujú so Schiffovou reagensiou a dávajú typický farebný komplex – purpurovo červený.

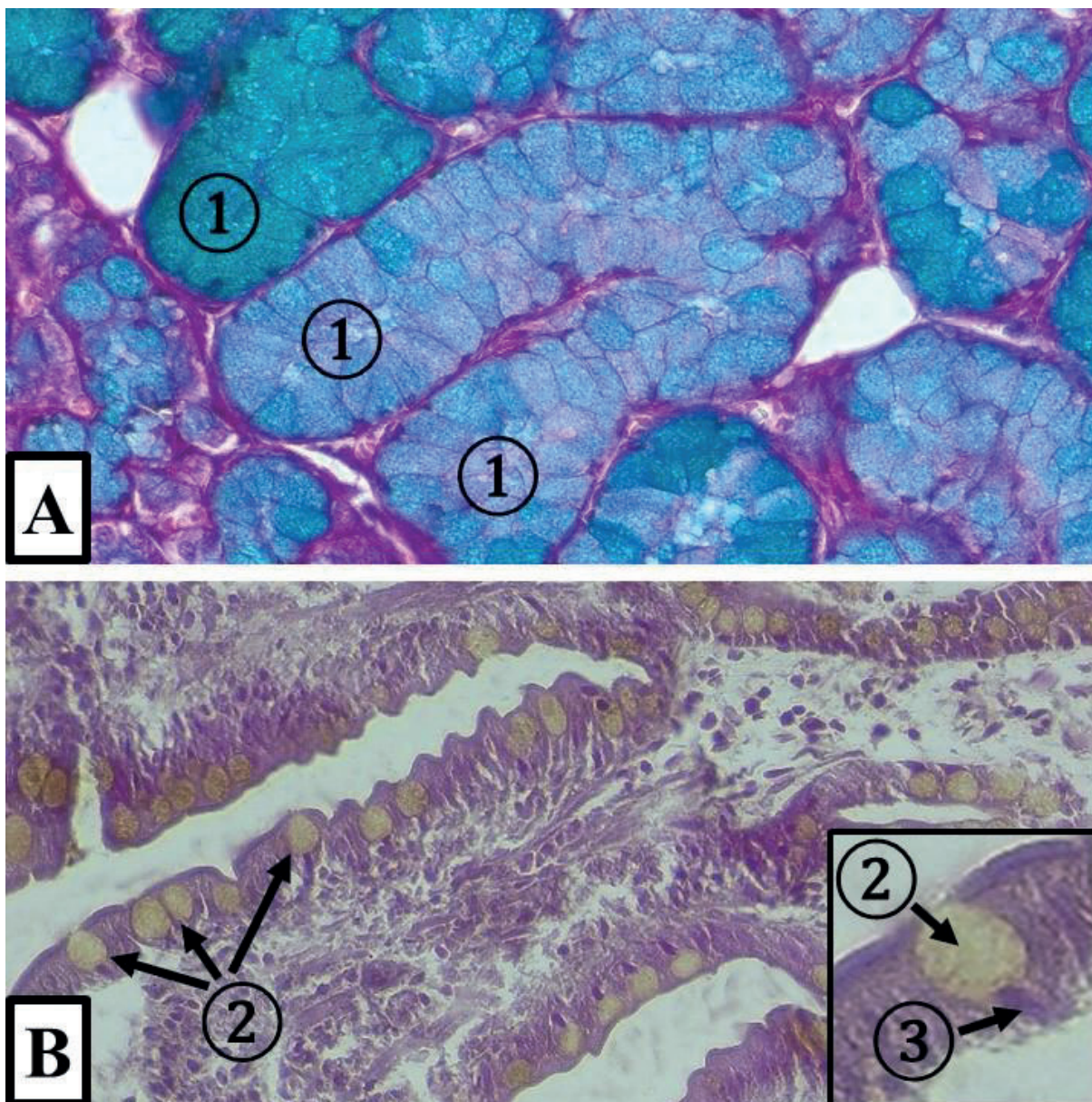
Pri reakcii PAS sú všetky **glycidové zlúčeniny zafarbené na červeno** (podľa intenzity reakcie od ružovo-červenej po purpurovo-červenú). **Glykogén** je purpurovo-červený, **neutrálne mukopolysacharidy** – červené, jadrá buniek sú modré (ofarbené bázickým fuksínom).



Obr. 1.16 Reakcia PAS v bunkách. 1 – bunkové jadrá hepatocytov, 2 – PAS-pozitívne zrnká glykogénu v cytoplazme hepatocytov, 3 – krvná cieva. (Hepar, farbenie: Reakcia PAS podľa *McManusa*)

Dôkaz kyslých mukopolysacharidov (glykozaminoglykánov) alciánovou modrou/žltou

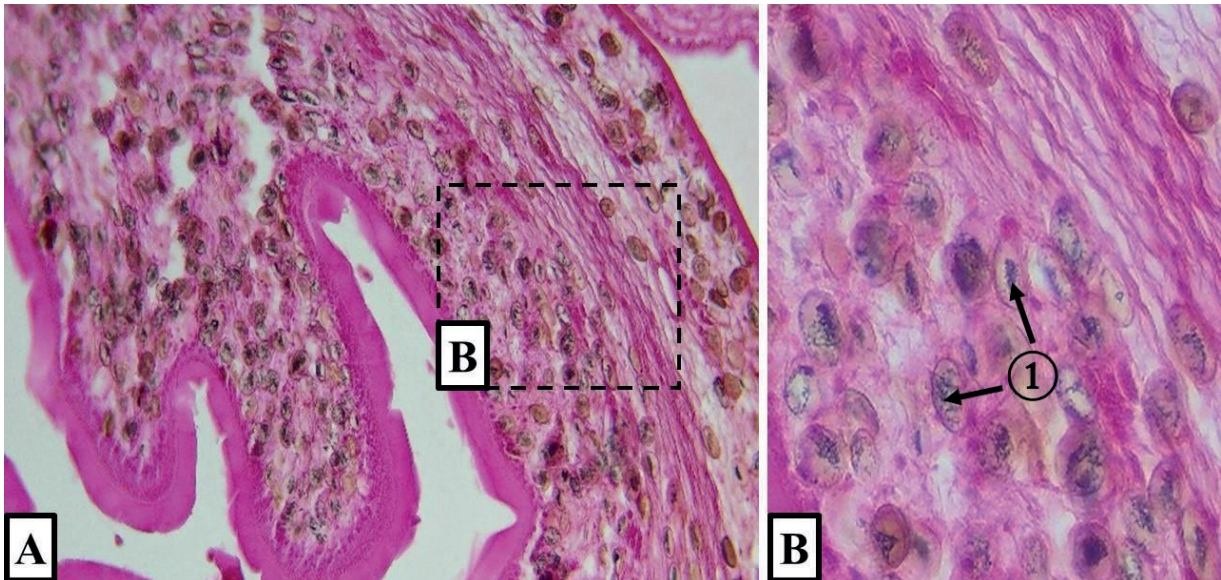
Na histochemický dôkaz kyslých mukopolysacharidov, napr. sulfomucínov a sialomucínov s pH=2,5 sa v histologickej praxi často využíva farbenie pomocou **alciánovej modrej 8GX** prípadne **alciánovej žltej**. Kyslé mukopolysacharidy sa farbja v odtieni **modro-zelenej** (alciánová modrá), prípadne **žltej** (alciánová žltá) a bunkové jadrá sa sfarbja podľa použitého dofarbenia (napr. jadrovou červeňou – červené, príp. hematoxylínom – modro-fialové).



Obr. 1.17 Histochemický dôkaz kyslých mukopolysacharidov. A. 1 – mucinózne bunky tubulov ofarbené alciánovou modrou; **B.** 2 – cytoplazma pohárikovitých buniek obsahuje hlien ofarbený alciánovou žltou, 3 – jadrá pohárikových buniek dofarbené hematoxylínom. (A. Glandula sublingualis, farbenie: alciánová modrá + jadrová červená; B. Jejunum, farbenie: alciánová žltá + hematoxylín)

Dôkaz vápnika podľa Kossa

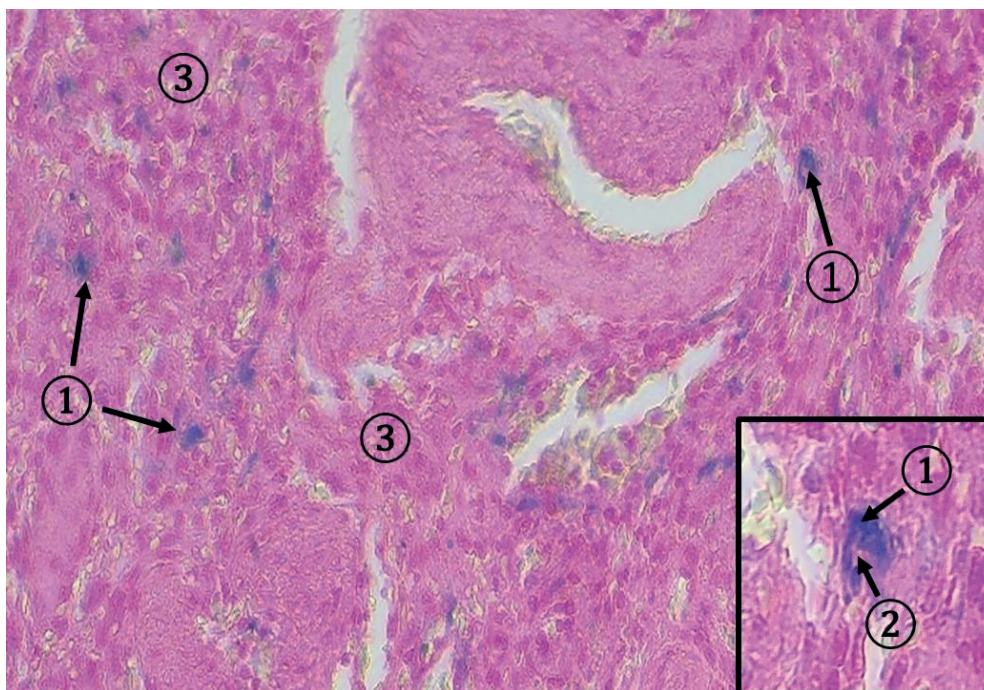
Histochemický dôkaz vápnika sa využíva najmä v patológii. Metóda sa zakladá na identifikácii vápnika vo forme nerozpustných fosforečnanov a uhličitanov. K rutinej identifikácii vápenatých solí sa využívajú substitučné metódy s použitím dusičnanu strieborného, napr. **metóda podľa Kossa** a metóda *Gohsova*. Vápenaté soli – uhličitaný a fosforečnaný vápenatý sa pri metóde podľa *Kossa* **impregnujú na čierne**, bunkové jadrá podľa dofarbenia (jadrovou červenou na červeno).



Obr. 1.18 Dôkaz vápnika v tkanive. A-B. 1 – impregnované vápenaté soli. (Pulmo – cysticercosis, farbenie: dôkaz vápnika podľa Kossa)

Perlsova reakcia na dôkaz trojmocného železa

Táto histochemická reakcia sa používa najmä na dôkaz hemosiderínu. Reakcia je vysoko špecifická. Ide o histochemický dôkaz železa organicky viazaného („maskovaného“). Trojmocné železo prítomné v bunkách a tkanivách v spojení s ferokyanidom draselným a kyselinou chlorovodíkovou vytvára **intenzívne modré sfarbenie** – tzv. **berlínsku modrú**. Pri pozitívnom výsledku reakcie sa v tkanivách hemosiderín, soli železa, voľné železo znázorňujú **tmavo-modro**, jadrá buniek podľa použitej metódy dofarbujú (jadrovou červenou na červeno).



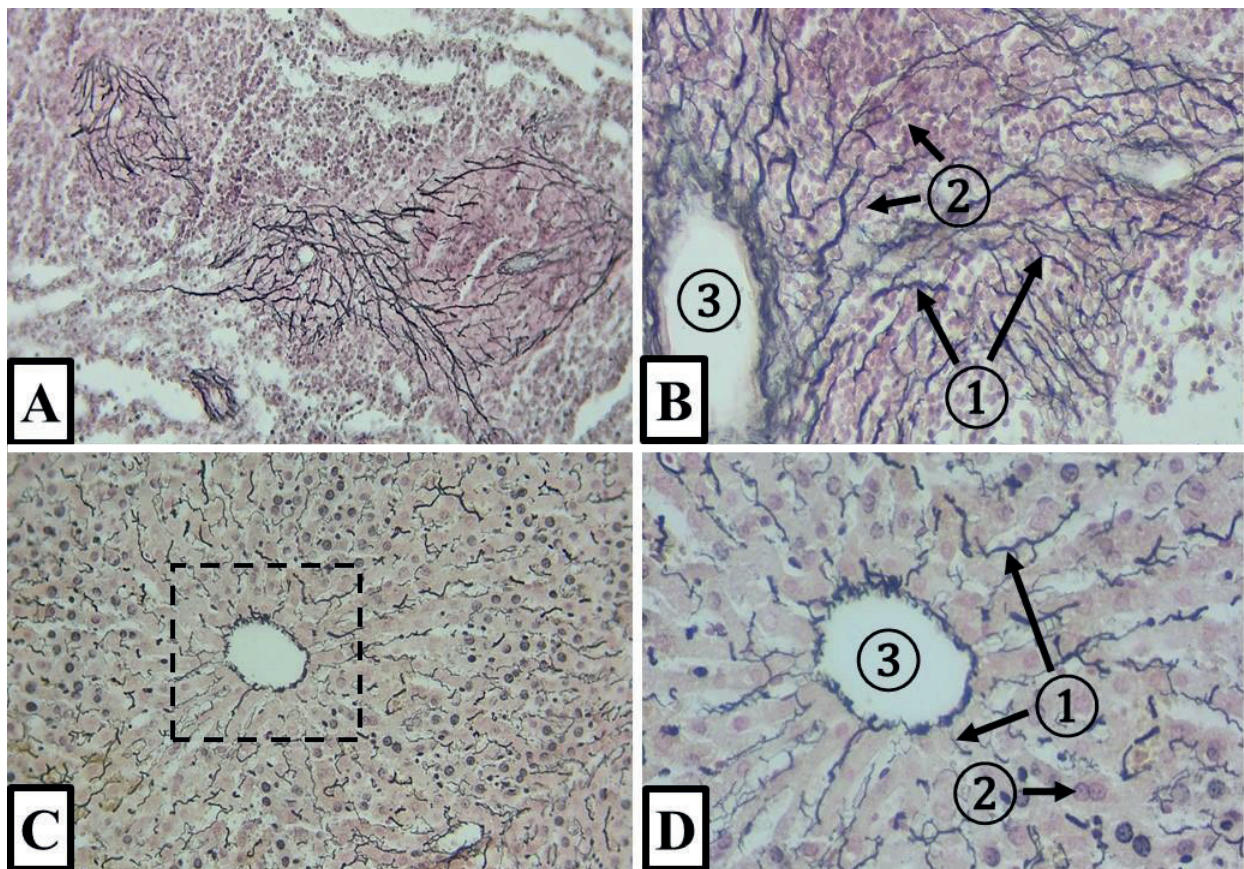
Obr. 1.19 Dôkaz železa v tkanive. 1 – pozitívna cytoplazma makrofágov sleziny, 2 – bunkové jadro makrofágu, 3 – okolitý parenchým sleziny. (Splen, farbenie: Dôkaz železa Perlsovou reakciou)

1.3.4 Impregnačné metódy

Predstavujú skupiny metód, ktoré sú založené na schopnosti látok obsiahnutých v detegovaných štruktúrach (oligosacharidové reťazce, nenasýtené mastné kyseliny) **redukovať kovy** (Ag, Au, Os) z nestabilných roztokov ich solí. Redukovaný kov je pozorovateľný ako tmavý depozit v mieste znázornenej štruktúry. Tieto metódy sa označujú ako **metódy impregnačné**. Používajú sa pre vizualizáciu retikulárnych vlákien, tela a výbežkov nervových buniek. Metódy majú široké uplatnenie v normálnej a patologickej neurohistológii.

Impregnácia retikulárnych vlákien podľa *Gömöriho*

Retikulárne vlákna sú veľmi ťažko farbitelné bežnými farbivami metódami, na ich znázornenie sa používajú impregnačné metódy. Ide o **veľmi tenké väzivové vlákna tvorené kolagénom typu III.**, ktoré sú obalené špecifickou vrstvou proteínovo-polysacharidovej hmoty redukujúcou soli striebra. Princíp impregnačnej metódy je založený na presycovaní tkaniva soľami striebra (dusičnan strieborný), ktoré sa **redukuje** na povrchu retikulárnych vlákien, a tým ich zvýrazní **ostro-čiernym sfarbením**.



Obr. 1.20 Impregnácia retikulárnych vlákien. A – D. 1 - pozitívne impregnované retikulárne vlákna, 2 – bunkové jadrá dofarbené jadrovou červenou, 3 – lúmen krvnej cievy. (A-B. Splen; C-D. Hepar, farbenie: impregnácia soľami striebra podľa *Gömöriho*)

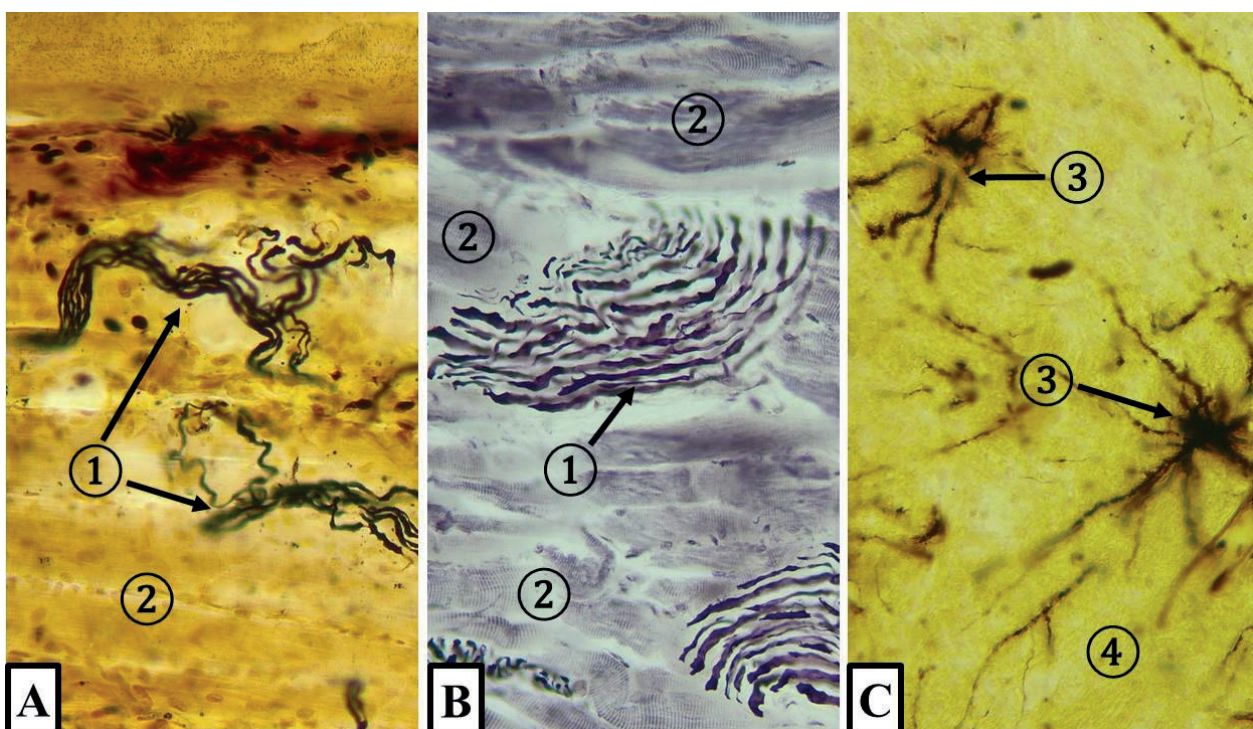
Impregnácia nervových vlákien a elementov neuroglie

Tieto metódy, zahŕňajú veľa modifikácií patria k základným impregnačným metódam v neurohistológii. Metódami je možné znázorniť nervové štruktúry v nervovom tkanive CNS (sivá a biela hmota) ako aj PNS.

(A) Impregnáciou periférnych nervových vlákien a nervových zakončení *Gross-Bielschowského-Lavrentevova modifikácia* sú všetky argyrofilné štruktúry (nervové vlákna) **ostro-čierne**, okolité tkanivo farbí do **hnedo-žlta**.

(B) Impregnačná metóda podľa *Holmesa* slúži na znázornenie nervových vlákien, ktoré sú **čierne**, pričom okolité tkanivo sa farbí rôznymi **odtieňmi sivo-ružovej**.

(C) Ďalšou vhodnou impregnačnou metódou na **znázornenie neuroglie** je metóda *Ramón-Molliner*, pri ktorej populácia podporných nervových buniek (astrocyty, oligodendrocyty a mikroglia) je v obraze svetelného mikroskopu **ostro-čierna**, a okolité nervové tkanivo sa farbí do **zlato-žlta**.



Obr. 1.21 Impregnácia štruktúr nervového tkaniva. A. *Gross-Bielschowského-Lavrentevova* impregnácia periférnych nervových vlákien a nervových zakončení; B. Impregnácia nervových vlákien podľa *Holmesa*; C. Impregnácia elementov neuroglie metódou *Ramón-Molliner*. 1 – pozitívne impregnované nervové vlákna, 2 – okolité svalové tkanivo, 3 – pozitívne impregnované astrocyty, 4 – okolité nervové tkanivo. (A. Lingua, B. Lingua, C. Cortex cerebri, farbenie: rôzne impregnačné metódy využívajúce soli striebra a zlata)

1.3.5 Imunohistochemické metódy

V princípe, rozoznávame 2 typy imunohistochemických metód: priamu a nepriamu. Pri **priamej metóde** sa aplikuje primárna protilátka (protilátka proti hľadanému antigénu) značená fluoresceínom alebo enzýmom. **Nepriama metóda** predstavuje viackrokový proces, pri ktorom sa protilátky a detekčný systém na seba postupne naviažu. Jej výhodou je podstatne vyššia citlivosť. Neznačená primárna protilátka sa naviaže na antigén a na jej Fc-fragment sa naviaže sekundárna protilátka (obyčajne imunoglobulín pochádzajúci zo zvierat'a imunizovaného protilátkami zvierat'a, z ktorého boli izolované primárne protilátky).

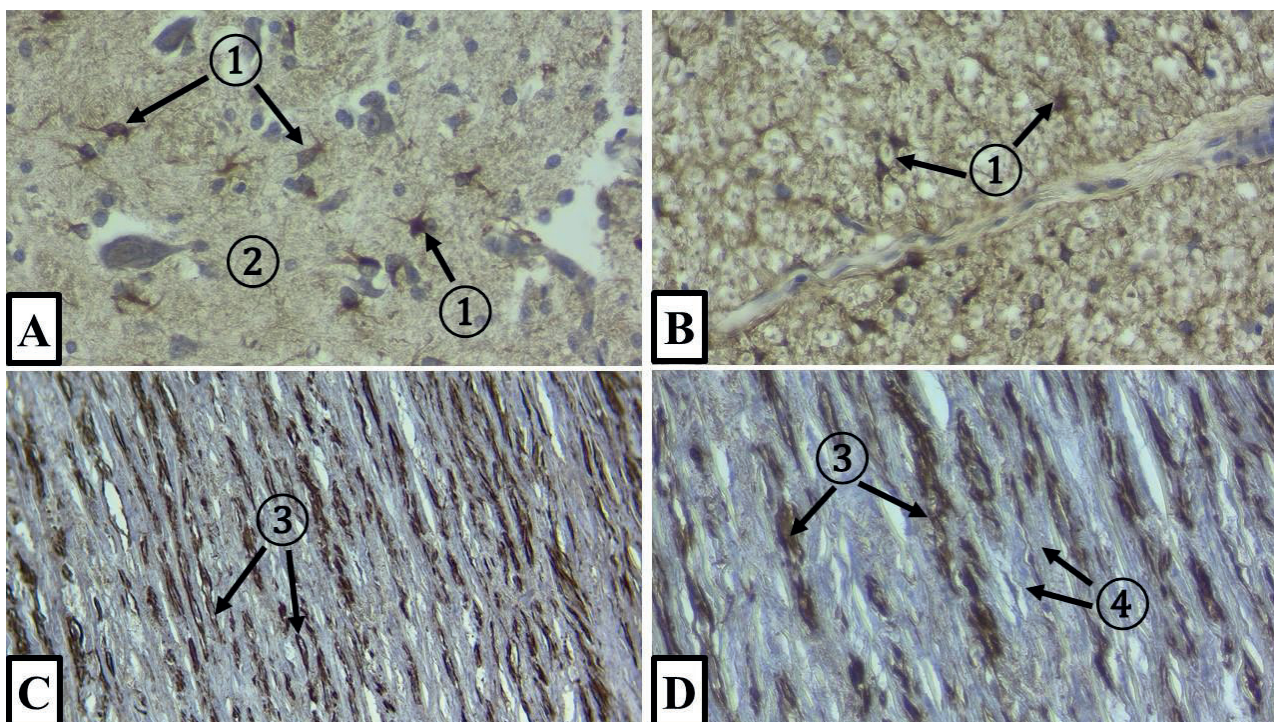
Imunohistochemický dôkaz zložieniek cytoskeletu – nepriama metóda

(A) Imunohistochemický dôkaz GFAP

Výsledok imunoznačenia: cytoplazma tela a výbežkov protoplazmatických a fibrilárnych astrocytov s prítomnosťou GFAP (**gliový fibrilárny kyslý proteín** intermediálnych filamentov v cytoplazme bunky a výbežkoch) sú sfarbené do hnedá (použitý chromogén DAB - diaminobenzidín), bunkové jadrá dofarbené hematoxylínom sú modré.

(B) Imunohistochemický dôkaz α -aktínu

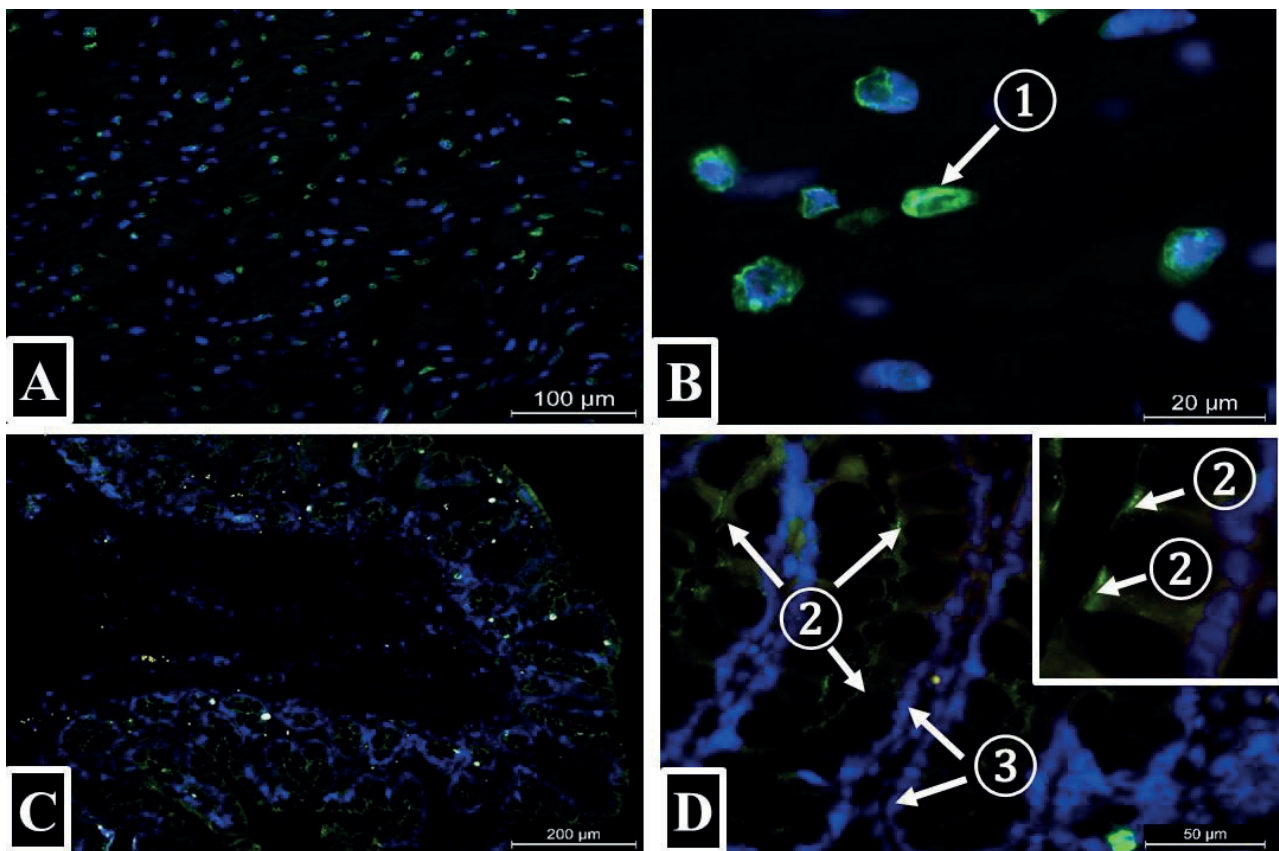
Výsledok imunoznačenia: sarkoplazma hladkých svalových buniek s prítomnosťou α -aktínu sa sfarbuje do hnedá (použitý chromogén DAB), bunkové jadrá dofarbené hematoxylínom sú modré.



Obr. 1.22 Imunohistochemia. A-B. Dôkaz GFAP astrocytov. 1 – pozitívne astrocyty, 2 – neuropil; C-D. Dôkaz α -aktínu hladkých svalových buniek. 3 – pozitívne hladké svalové bunky, 4 – elastické membrány. (A-B: Medulla spinalis, C-D: Aorta, farbenie: imunohistochemické metódy)

1.3.6 Imunohistofluoresenčné metódy

Fluorescencia je jav kedy látka absorbuje svetlo kratšej vlnovej dĺžky (z ultrafialovej alebo viditeľnej oblasti) a následne emituje svetlo s dlhšou vlnovou dĺžkou. V imunohistochemii sa používajú **fluorescenčné farbivá (fluorochrómy)**, ktoré sa využívajú ako tzv. **fluorescenčné značky** pre naviazanie na špecifické protilátky, napr. deriváty fluoresceínu – fluoresceín izotiokyanát FITC, rhodamínu, texaskej červenej. Každé fluorescenčné farbivo má charakteristické absorpčné a emisné spektrum, čo sú vlnové dĺžky, ktoré absorbuje a následne emituje (vyžaruje). Konštrukcia fluorescenčného mikroskopu sa do určitej miery líši pri mikroskopovaní v prechádzajúcom (*transmitted fluorescence*) alebo dopadajúcom svetle (*incident fluorescence*). Pozorovanie vo fluorescenčnom mikroskope sa uskutočňuje v tmavom zornom poli, na ktorom fluorescencia najlepšie vynikne. Tmavé zorné pole je zaistené špeciálnym kondenzorom a fluorescenčné mikroskopy sú konštrukčne vybavené rôznymi fluorescenčnými filtermi podľa fyzikálnych vlastností použitého typu fluorescenčného farbiva. Na dofarbenie bunkových jadier sa používajú **špecifické fluorochrómy s afinitou k jadrovej DNA** ako napr. propidium iodide, Hoechst 33342, DAPI.



Obr. 1.23 Imunofluorescencia. A-B. Dôkaz apoptózy metódou *In Situ* TUNEL. 1 – pozitívne značené bunkové jadrá apoptotických kardiomyocytov; C-D. Dôkaz proteínu tesných medzibunkových spojení (ZO-1). 2 – pozitívne značené terminálne lišty epitelových buniek črevných krýpt, 3 – jadrá buniek dofarbené DAPI. (A-B. Myocardium, C-D. Colon, farbenie: imunohistofluorescenčné metódy)

Literatúra

BANCROFT, J.D., GAMBLE, M.: *Theory and Practice of Histological Techniques*, Elsevier, 2008.

BELEJ, K., BELEJ, K.jr.: *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Grada, 2014.

ČUNDERLÍKOVÁ, M., BALÁŽOVÁ V.: *Vybrané kapitoly z histologickej techniky*, Osveta, 1990.

JIRKOVSKÁ, M.: *Histologická technika*, Galén, 2009.

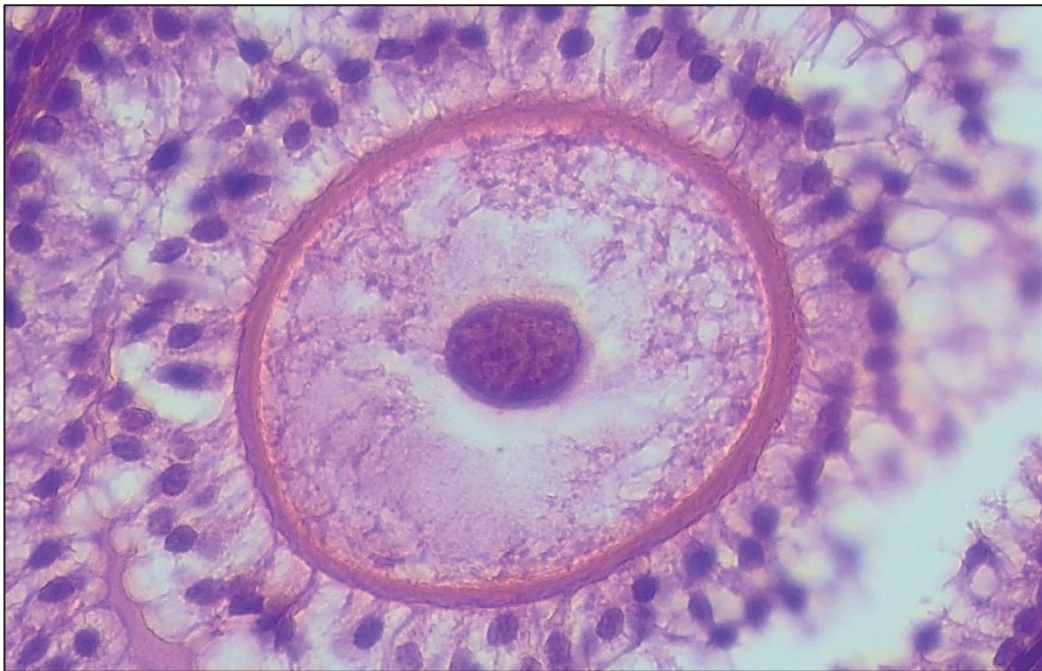
LÜLLMANN-RAUCH, R.: *Histologie*, Grada, 2012.

MECHÍROVÁ, E. a kol.: *Histológia*, Aprilla, 2007.

VACEK, Z.: *Histológia a histologická technika*, Osveta, 1990.

2 CYTOLÓGIA

doc. MVDr. Štefan Tóth, PhD.



2.1 Cytológia – definícia a metódy cytologického výskumu

2.2 Veľkosť a tvar buniek

2.3 Základná cytomorfológia bunky – bunkové organely

2.3.1 Tvar, veľkosť a uloženie bunkového jadra

2.3.2 Tvar buniek a sfarbenie cytoplazmy

2.3.2.1 Sféricový (guľovitý) a od neho odvodené tvary

2.3.2.2 Hviezdicovitý (nepravidelný) tvar

2.3.2.3 Hruškovitý tvar

2.3.2.4 Pohárikovitý (súdkovitý) tvar

2.3.2.5 Vretenovitý tvar

2.3.2.6 Pyramídový tvar

2.3.2.7 Polyedrický tvar

2 CYTOLÓGIA

2.1 Cytológia – definícia a metódy cytologického výskumu

Základnou morfológickou, funkčnou a genetickou jednotkou živej hmoty je **bunka** (lat. *cellula*, gr. *kytos*). Je to jednotka obsahujúca bunkové jadro a organely. Bunka je schopná základných vitálnych funkcií – metabolizmu, diferenciácie, rastu, pohybu, rozmnožovania a dráždivosti.

Bunky rozličných tkanív a orgánov sa špecializovali na rôzne funkcie, preto sú medzi nimi veľké rozdiely v tvare, veľkosti a ich vnútornej štruktúre. Bunky sa počas fylogenetického aj ontogenetického vývoja neustále prispôbujú morfológicky aj funkčne zmeneným podmienkam prostredia v ktorom sa vyvíjajú a prispôbujú sa novým funkčným požiadavkám. Tento proces sa nazýva **cytodiferenciácia**.

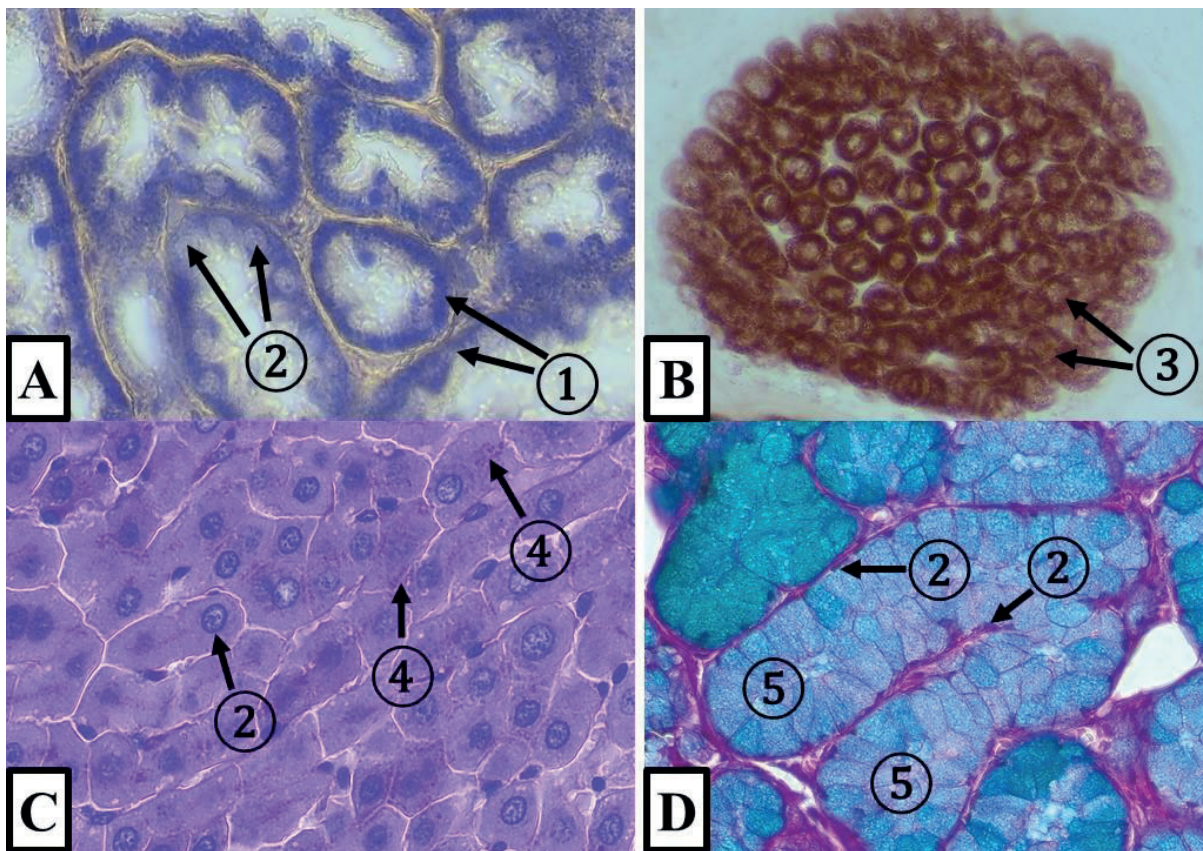
Obraz o stavbe a funkcii buniek získavame využitím rozličných cytologických farbiacich metód, z ktorých každá poskytuje špecifickú informáciu o bunke. V svetelnom mikroskope v histologickom preparáte farbenom niektorou z prehľadných farbiacich metód, obyčajne vidíme bunkové jadro s jadierkom a cytoplazmu. Podstatne odlišný je obraz bunky pri použití niektorej **špeciálnej cytologickej metódy farbenia**.

Tieto metódy farbenia sa využívajú k znázorneniu rôznych bunkových štruktúr ako je napr. jadrový chromátin, mitochondrie, Golgiho komplex, rôzne sekrečné granuly.

Bunková organela	Farbenie	Obraz
Mitochondrie	Supravitálne farbenie Janusovou zeleňou B Régaudov železitý hematoxylín	Drobné zrníčka alebo vláknité útvary
Golgiho komplex	Impregnácia striebrom alebo osmiom	Tmavý sieťovitý útvar v blízkosti jadra bunky
Centrioly	Heidenhainov hematoxylín	Dve tmavé kompaktné telieska obklopené nesfarbeným dvorcom
Tukové kvapôčky	Lipofilné farbivá – Sudan III a Sudan IV, Olejová červeň	Tehlovo-červené okrúhle útvary v cytoplazme
Glykogén	PAS-reakcia Bestov karmín	V oboch prípadoch sa glykogénové zrnká farbja purpurovo-červeno
Hlien	Mucikarmín, alcianová modrá, PAS-reakcia	Zafarbenie cytoplazmy korešpondujúce s použitou metódou farbenia

Tabuľka 2.1 Prehľad bunkových organel a základných cytologických farbiacich metód.

Špeciálnou metódou je napr. **farbenie železitým hematoxylínom podľa Heidenhaina**, vhodné na farbenie niektorých bunkových organel, ako sú mitochondrie, centrioly, myofibrily svalových vlákien.



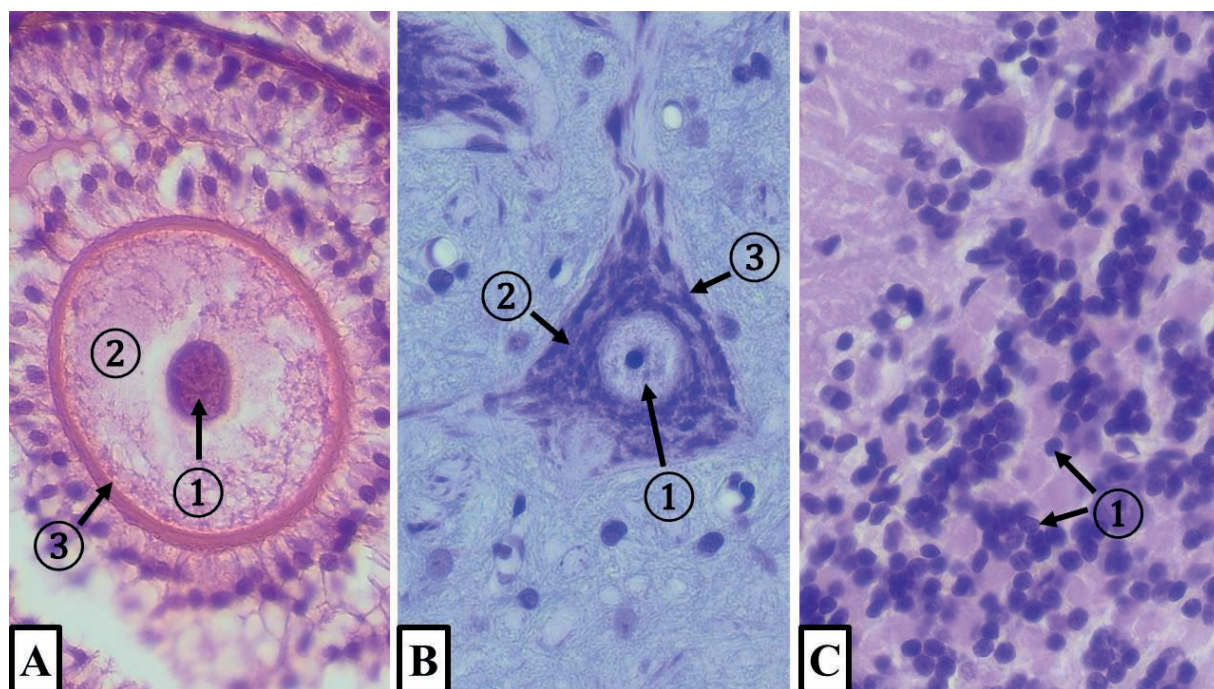
Obr. 2.1 Cytologické farbiace metódy. A. Heidenhainov železitý hematoxylín – dôkaz mitochondrií; B. Sudanová červená – dôkaz fosfolipidov v myelínovej pošve axónov; C. PAS-metóda – dôkaz glykogénu v cytoplazme pečenej buniek; D. Alciánová modrá – dôkaz hlienu v cytoplazme mucinóznych buniek. 1 – bazálny labyrint s mitochondriami, 2 – bunkové jadro, 3 – myelínová pošva, 4 – zrnká glykogénu, 5 – hlienové zrnká v cytoplazme mucinóznych buniek usporiadaných do tubulov (A. Ren, farbenie: P.T.A.H.; B. Nervus spinalis mixtus, farbenie: sudan; C. Hepar, farbenie: PAS + hematoxylín; D. Glandula sublingualis, farbenie: alciánová modrá + jadrová červená).

2.2 Veľkosť a tvar buniek

Veľkosť somatických buniek

Veľkosť živočíšnych buniek je veľmi variabilná. **Somatické bunky** majú priemernú veľkosť **10-30 μm** . Erytrocyty dosahujú veľkosť 7,5 μm , veľkosť leukocytov sa pohybuje v rozmedzí 7-25 μm , pečenej buniek majú 25 μm . Značné rozmery dosahujú megakaryocyty v kostnej dreni 40-90 μm . Najmenšie bunky ľudského tela majú veľkosť 4-5 μm (zrnité bunky v kôre mozočka). Ešte menšie sú krvné elementy - trombocyty s veľkosťou približne 3 μm . Najväčšie bunky dosahujú veľkosť až 150-200 μm (neuróny, oocyty).

V modernej cytológii sa často uvádzajú aj ďalšie kvantitatívne údaje, ktoré vyjadrujú rozmerové vlastnosti buniek, napr. priemerná plocha bunky v μm^2 , alebo objem bunky v μm^3 .



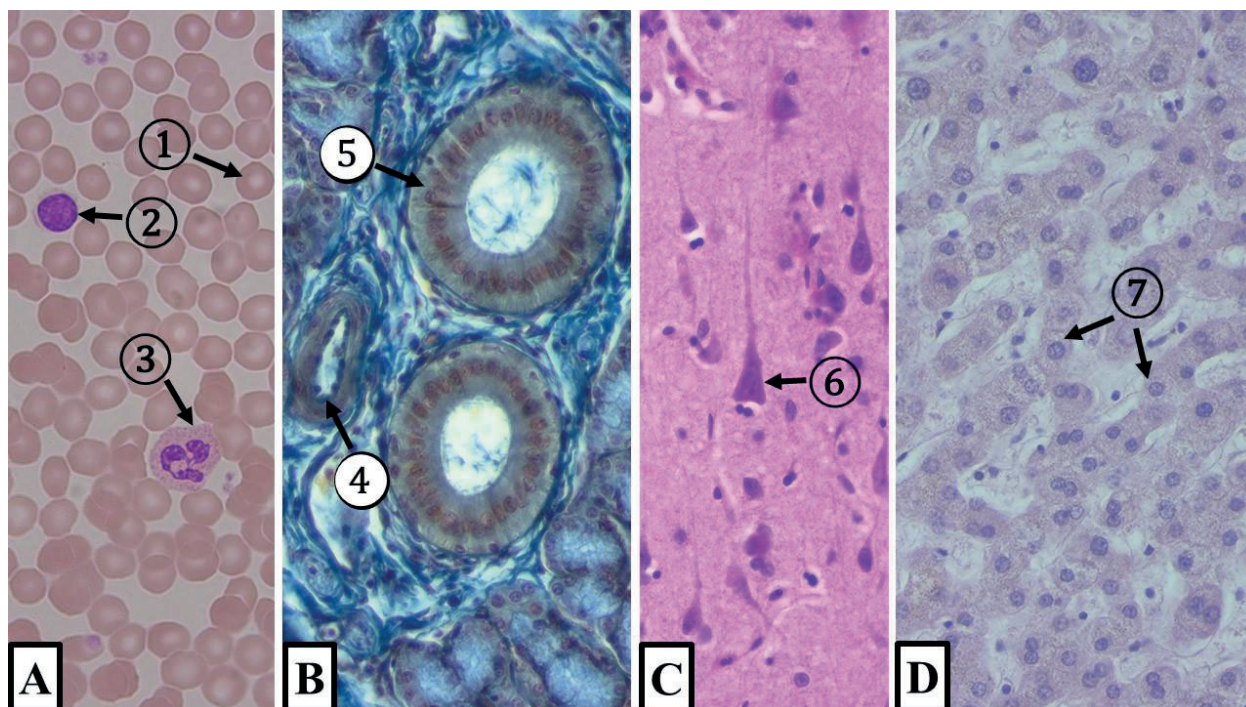
Obr. 2.2 Veľkosť somatických buniek. A. Oocyt (zrelé vajíčko meria \varnothing 150-200 μm) v kôre vaječníka; B. Motorický neurón (telo meria do \varnothing 150 μm) vo ventrálnych rohoch miechy; C. Zrnité bunky (telo meria \varnothing 5-6 μm) v kôre mozočka. 1 – bunkové jadro, 2 – cytoplazma, 3 – bunková membrána. (A. Ovarium, farbenie: HE; B. Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda; C. Cerebellum, farbenie: HE)

Tvar buniek

Tvar jednotlivých typov buniek je rozmanitý a geneticky podmienený. Tvar buniek závisí od funkcie, stavu bunky a od prostredia v ktorom sa bunka nachádza. Môže sa **meniť** alebo **je stály**.

Základný tvar buniek je **gul'ovitý – sférický**, z ktorého možno odvodiť všetky ostatné tvary buniek. Plazmatické bunky majú typický **ovoidný** (vajcovitý) tvar. Bunky v tekutom médiu majú tvar okrúhly (leukocyty). Vznik nových tvarov buniek v tkanivách a orgánoch zapríčiňuje napr. vzájomný tlak susedných buniek. Vznikajú tak bunky **cylindrického, kubického a dlaždicovitého (plochého)** tvaru. Bunky mnohouholníkové čiže **polygonálne** alebo mnohostenné čiže **polyedrické**, ktoré pri tesnom kontakte so susednými bunkami vytvárajú na svojich povrchoch viac plôšok. Polygonálne sú napr. bunky pečňových trámcov, bunky v *stratum spinosum* vo viacvrstvových plochých epitelochoch atď. Bunky môžu mať aj **rozličné špeciálne tvary**. Tak napr. bunky naplnené hlienovým sekrétom získavajú **pohárikovitý** alebo **súdkovitý** tvar a označujú sa ako pohárikovité bunky.

Pretiahly až vretenovitý tvar majú hladké svalové bunky alebo fibroblasty, **hviezdicovitý** tvar je typický pre multipolárne neuróny v mieche alebo retikulárne bunky lymfatických orgánov, **hruškovitý** tvar majú Purkyňove bunky v mozočku. Niektoré bunky majú tvar **pyramídový** (trojuholníkový) pripomínajúci ihlan (pyramídové bunky v kôre mozgu) alebo tvar **zrezanej pyramídy** (exokrinné žľazové bunky acinov). Tvar bunkového jadra zvyčajne závisí od tvaru bunku.

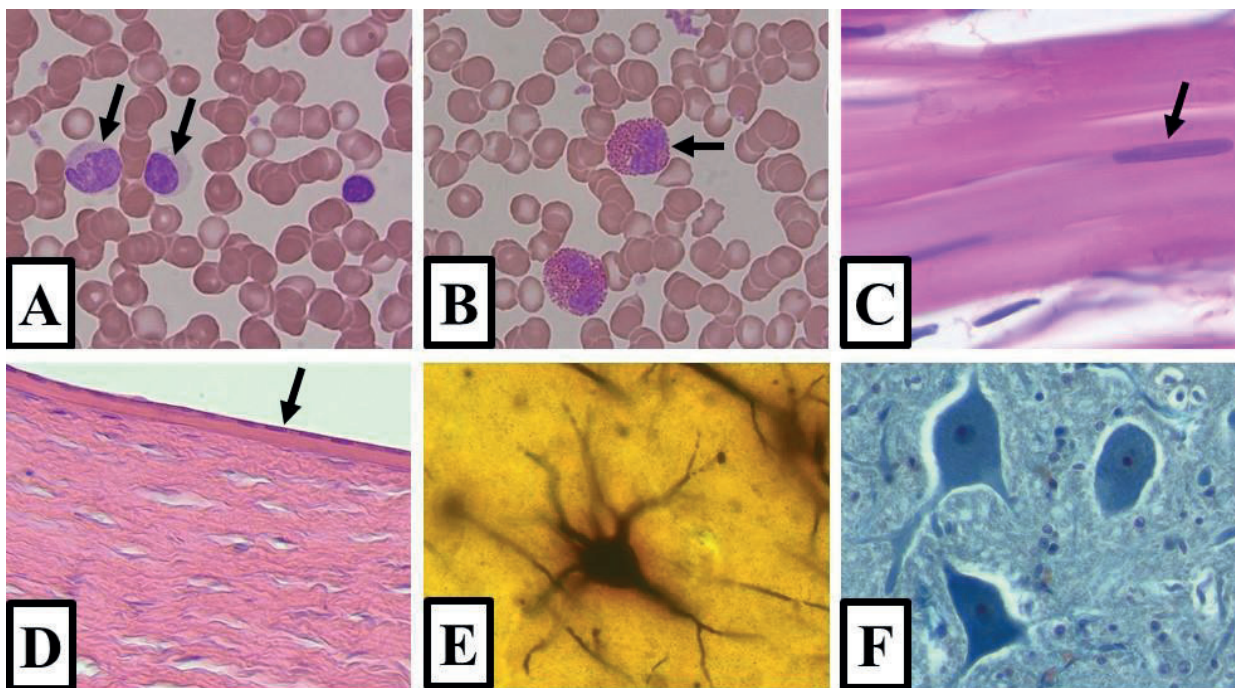


Obr. 2.3 Základné tvary buniek. A. Okrúhly tvar tela krvínek. 1 – erytrocyt (oválny, bikonkávny tvar), 2 – lymfocyt, 3 – neutrofilný granulocyt; B. Plochý/dlaždicovitý tvar. 4 – endotel krvných ciev, **cylindrický - prizmatický tvar**. 5 – epitel vývodov exokrinných žliaz; C. **pyramídový tvar (trojuholníkový)**. 6 – pyramídové bunky v mozgovej kôre; D. **polygonálny tvar bunky**. 7 – pečeňové bunky. (A. Krvný náter, farbenie: May-Grünwald+Giemsa-Romanovsky, B. Glandula submandibularis, farbenie: AZAN, C. Cerebrum, farbenie: HE, D. Hepar, farbenie: HE)

Niektoré bunky môžu mať výbežky. Podľa množstva a tvaru výbežkov rozoznávame tieto tvary buniek:

1. **Bunky s tenkými, vláknitými výbežkami** – astrocyty, motorické neuróny, pyramídové bunky;
2. **Bunky s nepravidelnými cytoplazmatickými výbežkami** – leukocyty (pseudopódie), pigmentové bunky, pericyty kapilár;
3. **Bunky s plochými výbežkami** – tendinocyty, bunky v *substantia propria cornea*;
4. **Bunky s apikálnymi špecializáciami** napr. (a) **mikroklky** – enterocyty črevných klkov, epitelové bunky proximálneho kanálka nefrónu; (b) **stereocílie** - epitelové bunky *ductus epididymidis*; (c) **kinocílie** - riasinkové bunky *tuba uterina*.

Funkcia bunky výrazne vplýva na jej morfológiu a tvar. Niektoré bunky, napr. leukocyty menia svoj tvar vytváraním pseudopódií pri fagocytóze, počas diapedézy pri prenikaní cez stenu kapilár. Dočasne menia tvar aj erytrocyty pri prechode tenkými krvnými kapilárkami.



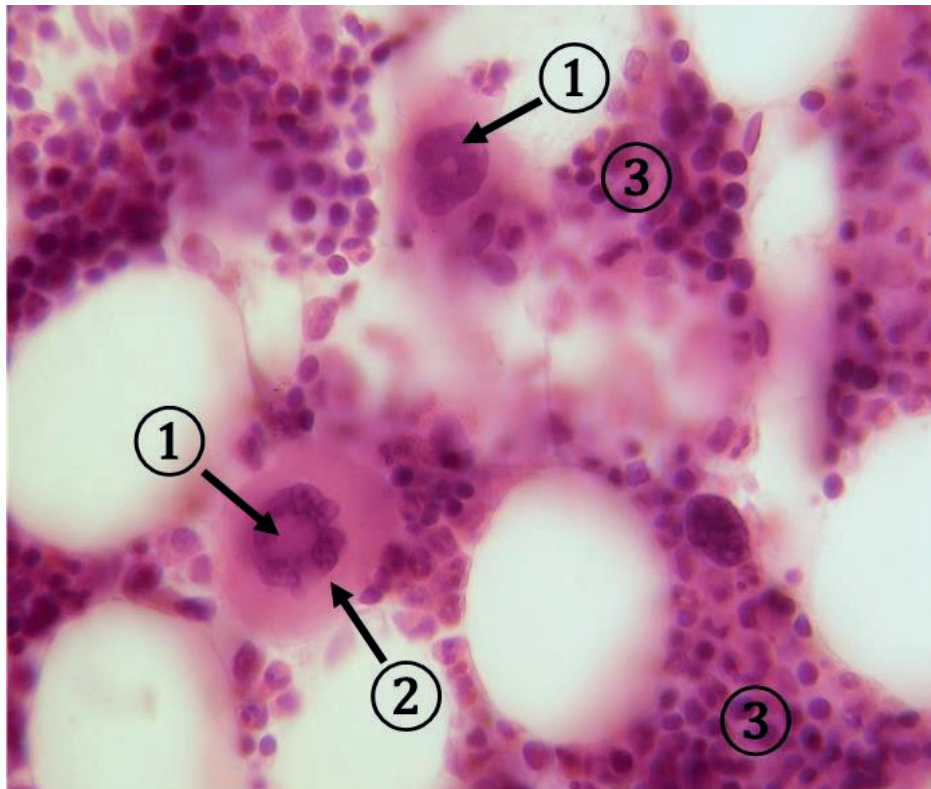
Obr. 2.4 Základné tvary buniek. A. Okrúhly tvar tela agranulocytov; B. Okrúhly tvar tela granulocytov; C. Vretenovitý tvar tela tendinocytov šľachy; D. plochý/dlaždicovitý tvar tela buniek v epiteli rohovky; E. hviezdicovitý tvar neurónu; F. hviezdicovitý tvar tela motorických neurónov. (A, B. Krvný náter, farbenie: May-Grünwald+Giemsa-Romanovsky, C. Tendo, farbenie: HE, D. Cornea, farbenie: HE, E. Cerebrum, farbenie: impregnácia Ramón-Molliner, F. Medulla spinalis, farbenie: podľa Bodiána)

2.3 Základná cytomorfológia bunky – bunkové organely

Bunkové organely sú štruktúry bunky so špecifickou morfológiou a funkciou. Ústrednú úlohu medzi organelami bunky má bunkové jadro. **Bunkové jadro** (lat. *nucleus*, gr. *karyon*) sa nachádza vo všetkých bunkách ľudského tela, s výnimkou zrelých erytrocytov a zrohovatených epitelových buniek pokožky (keratinocyty).

2.3.1 Tvar, veľkosť a uloženie bunkového jadra

Tvar jadra závisí od tvaru bunky. **Gul'ovité jadro** je prítomné v bunkách guľovitého, kubického a polyedrického tvaru, ale aj v niektorých bunkách cylindrického tvaru. **Oválne (elipsovité) jadro** sa nachádza v cylindrických alebo vretenovitých bunkách. **Laločnaté – segmentované bunkové jadro** je typické pre granulocyty v krvi. Veľké a **nepravidelné laločnaté jadro** je typické pre megakaryocyty prítomné v kostnej dreni. **Ploché diskovité jadro** sa nachádza v sekrčných bunkách syntetizujúcich a secerujúcich hlien (mucinózne bunky) a v tukových bunkách (univakuolárne adipocyty).



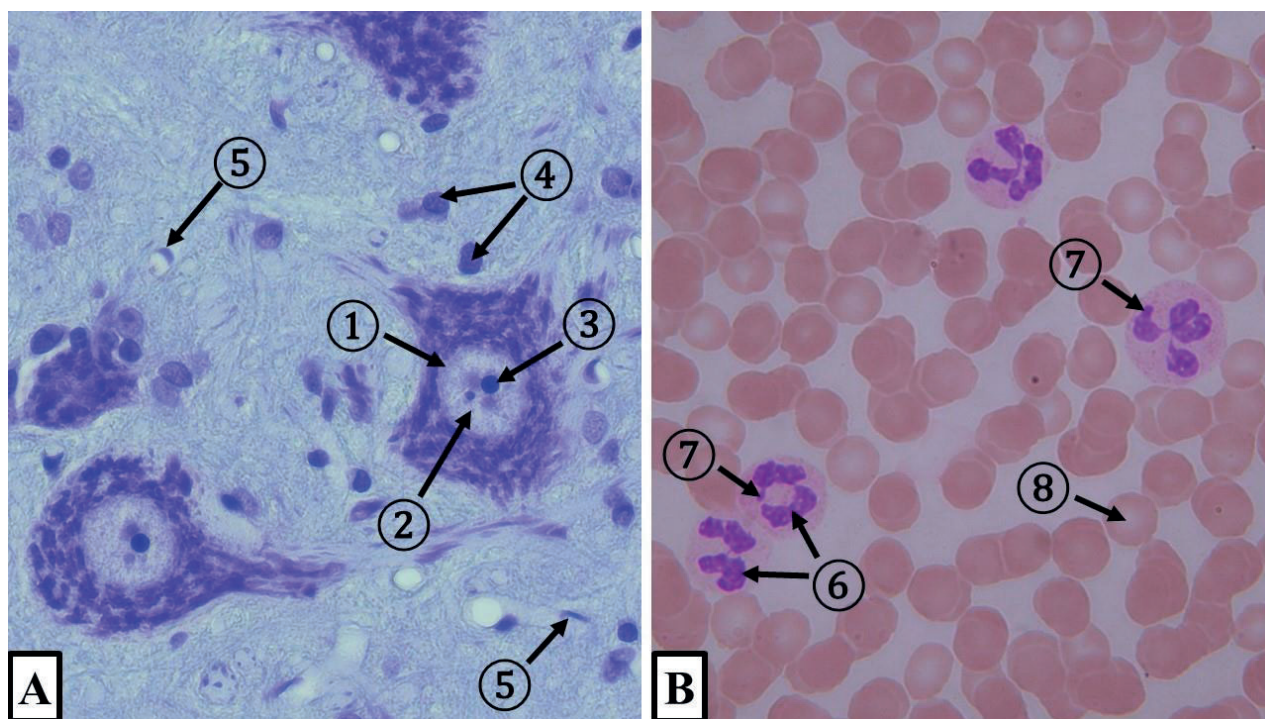
Obr. 2.5 Morfológia bunkového jadra I. 1 – laločnaté bunkové jadro megakaryocytu, 2 – acidofilná cytoplazma megakaryocytu, 3 – hemopoetický ostrovček. (Červená kostná dreň, farbenie: HE)



Obr. 2.6 Morfológia bunkového jadra II. 1 – bunkové jadrá mnohoadrového osteoklastu, 2 – acidofilná cytoplazma osteoklastu, 3 – oválne bunkové jadro fibroblastu. (Kosť – endochondrálna osifikácia, farbenie: HE)

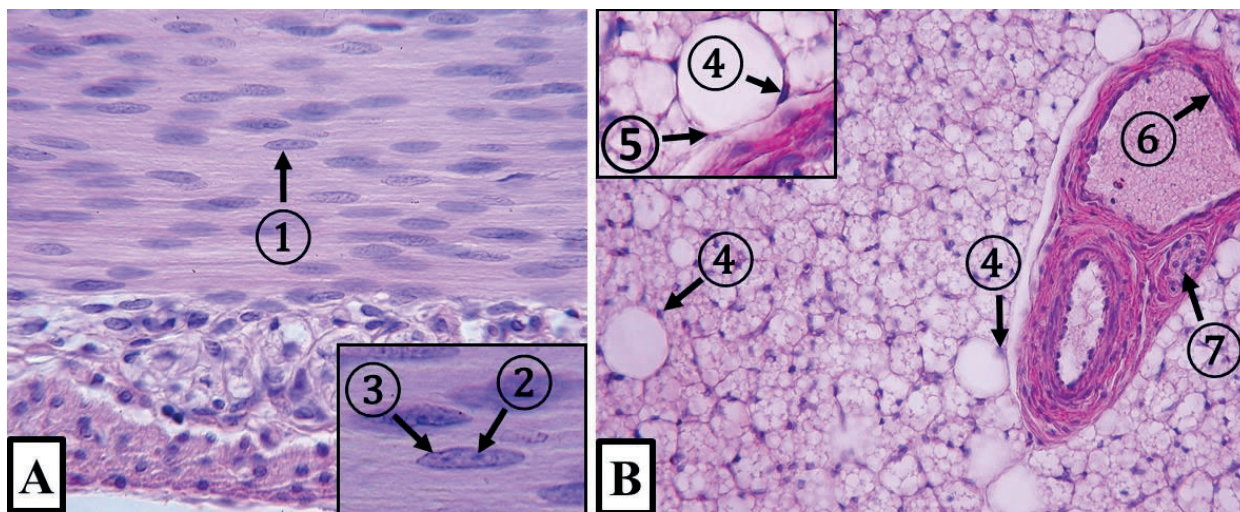
Veľkosť jadra je variabilná a väčšinou sa pohybuje v rozmedzí 4-30 μm . U človeka pomerne veľké bunkové jadro majú napr. vajcové bunky - oocyty alebo niektoré neuróny. Malé bunkové jadrá sú typické pre mikrogliové bunky. Medzi veľkosťou jadra a veľkosťou bunky existuje tzv. **nukleo-cytoplazmový pomer**. Zmeny veľkosti jadra závisia od funkčného stavu určitého typu buniek. K zmene veľkosti jadra dochádza napríklad počas bunkového cyklu. Pri poškodení bunky morfológické zmeny jadra sú dôležitým znakom v patologickej diagnostike.

Uloženie jadra je pre každý typ buniek charakteristické u väčšiny buniek býva uložené **centrálne**, napr. v guľovitých bunkách alebo kubických bunkách. **Excentricky**, posunuté k báze je typické pre bunky cylindrického tvaru, niektoré žľazové bunky. Bunkové jadro môže byť **vysunuté na perifériu** ako je to typické pre tukové bunky (univakuolárne adipocyty).



Obr. 2.7 Morfológia bunkového jadra III. A. Veľké multipolárne motorické neuróny s veľkým, guľovitým svetlým jadrom bohatým na euchromatín. 1 – jadrový obal, 2 – jadrový chromatín, 3 – jadričko, 4 – oválne bunkové jadrá neurogliových buniek, 5 – ploché bunkové jadrá cievneho endotelu; B. Bezjadrové zrelé erythrocyty a neutrofilné granulocyty so segmentovaným jadrom. 6 – segmentované jadro neutrofilných granulocytov pospájané tenkými chromatinovými mostíkmi, 7 – Barrovo tesliesko (sex chromatín), 8 – bezjadrový erythrocyt. (A. Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda, B. Krvný náter, farbenie: May-Grünwald+Giemsa-Romanovsky)

Na úrovni svetelného mikroskopu, po farbení zásaditými farbivami pozorujeme jadro bunky ohraničené od cytoplazmy jadrovým obalom, jadrový chromatín, jedno až viac jadriek.

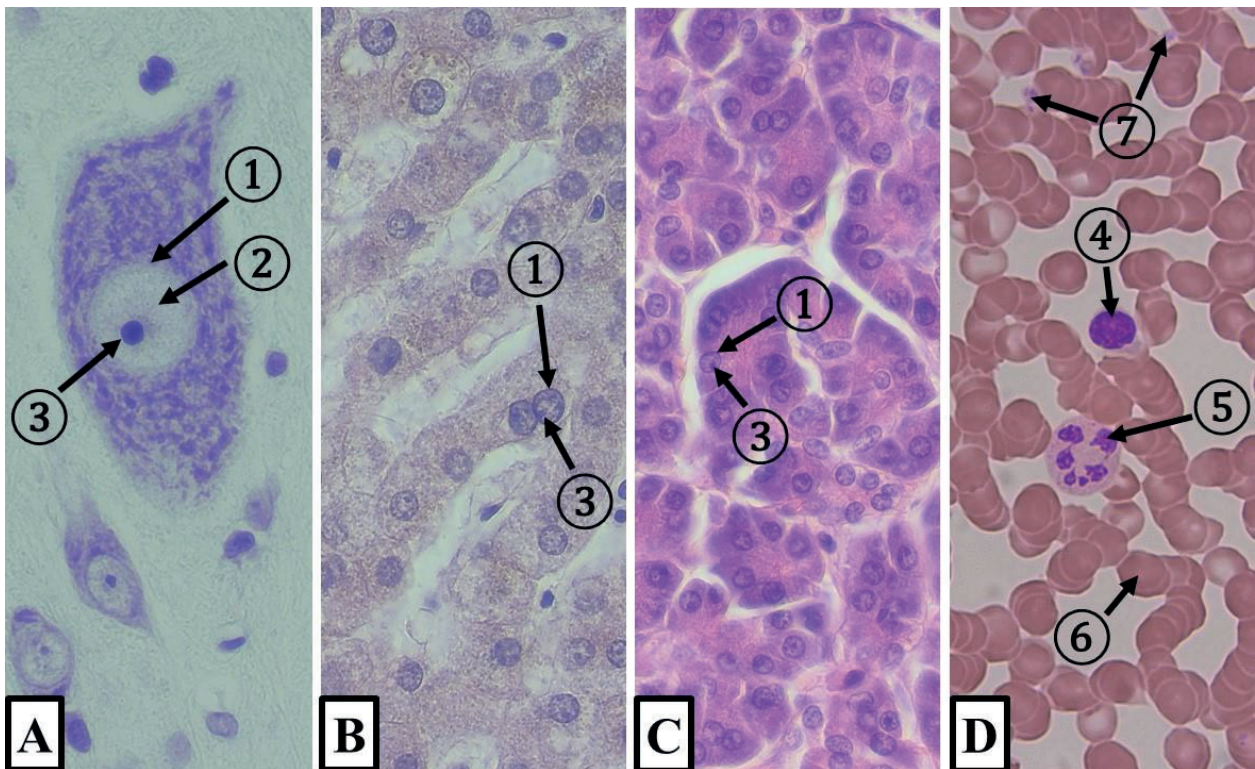


Obr. 2.8 Morfológia bunkového jadra IV. A. Oválne až tyčinkovité bunkové jadrá hladkých svalových buniek. 1 – bunkové jadro hladkej svalovej bunky na pozdĺžnom reze, 2 – jadierko, 3 – jadrový obal (detail); B. Ploché (šošovkovité) bunkové jadrá. 4 – ploché excentricky uložené bunkové jadro univakuolárneho adipocytu, 5 – úzky lem cytoplazmy tesne pod bunkovou membránou, 6 – lúmen krvnej cievy vystlanej plochými endotelovými bunkami s plochým jadrom, 7 – zväzok nervových vlákien. (A. Jejunum, B. Ren, farbenie: HE)

Jadrový chromatín je základnou súčasťou jadra. **Heterochromatín** sa nachádza v kondenzovanej forme, ktorá zodpovedá vysoko špiralizovaným úsekom chromozómov, vyznačujúcim sa nízkou transkripčnou aktivitou. Vyskytuje sa v interkinetickej fáze, medzi dvoma mitotickými deleniami. V svetelnom mikroskope sa znázorňuje výrazne bazofilne. **Euchromatín** je naopak dešpiralizovaná forma chromozómov, predstavuje geneticky aktívnu formu jadrového chromatínu, v ktorej sa replikuje DNA a následne genetická informácia obsiahnutá v DNA sa prepisuje (transkripcia) do informačnej RNA (mRNA). V svetelnom mikroskope sa euchromatín znázorňuje svetlo.

Zrnká heterochromatínu sa farbja bázickými farbivami (hematoxylín, krezylolva violet'). Podľa množstva heterochromatínu je možné rozdeliť jadrá buniek na:

1. **jadrá opticky prázdne:** nepatrné množstvo heterochromatínu; vyskytujú sa v neurónoch;
2. **jadrá mechúrikovité:** heterochromatín je usporiadaný v podobe jemnejších zrn tesne pod jadrovým obalom, pripomínajú mechúrik; vyskytujú sa v pečňových bunkách;
3. **jadrá s priemerným množstvom heterochromatínu:** vyskytujú sa najčastejšie, heterochromatín je usporiadaný vo väčšom množstve v podobe hrudiek; vyskytujú sa v serózných bunkách slinných žliaz;
4. **jadrá s veľkým množstvom heterochromatínu:** majú veľké množstvo heterochromatínu v podobe väčších hrudiek a zrn; jadrá lymfocytov;
5. **jadrá pyknotické:** majú takmer výlučne zastúpenie heterochromatínu a typické sú pre normoblasty pri erythropoéze červených krviniek.



Obr. 2.9 Morfológia jadrového chromatinu. A. Opticky prázdne bunkové jadro s minimálnym množstvom heterochromatinu a výraznou prevahou euchromatinu v neurónoch; B. Mechúrikovité bunkové jadro s heterochromatím usporiadaným najmä pod jadrovým obalom v hepatocytoch; C. Bunkové jadro s priemerným množstvom a homogénnou distribúciou heterochromatinu v serózných bunkách acínov pankreasu; D. Bunkové jadro s vysokým obsahom heterochromatinu v lymfocytoch a granulocytoch. 1 – jadrový obal, 2 – euchromatín, 3 – jadierko, 4 – heterochromatín v jadre lymfocytu, 5 – jadrové segmenty neutrofilného granulocytu, 6 – bezjadrový zrelý erythrocyty, 7 – trombocyty, bezjadrové fragmenty cytoplazmy megakaryocytov. (A. Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda, B. Hepar, farbenie: HE, C. Pancreas, farbenie: HE, D. Krvný náter, farbenie: May-Grünwald+Giemsa-Romanovsky)

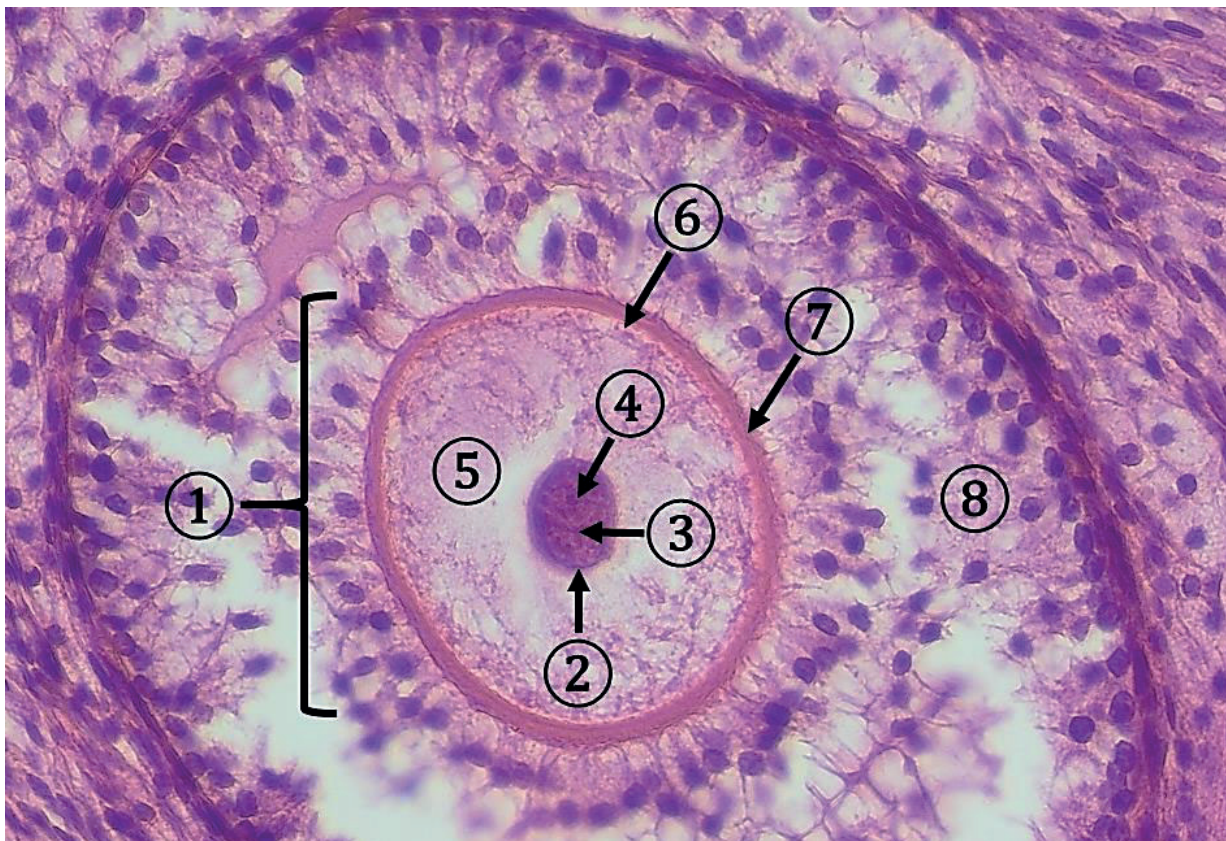
2.3.2 Tvar buniek a sfarbenie cytoplazmy

Medzi najčastejšie sa vyskytujúce tvary bunkového tela patria:

- **sférický (guľovitý) a od neho odvodené tvary** (pseudounipolárny neurón, neutrofilný granulocyt, lymfocyt)
- **hviezdicovitý (nepravidelný) tvar** (rôzne typy multipolárnych neurónov)
- **hruškovitý tvar** (Purkyňove gangliové bunky v kôre mozoka)
- **pohárikovitý (súdkovitý) tvar** (bunky v epiteli tenkého a hrubého čreva)
- **vretenovitý tvar** (hladké svalové bunky, tendinocyty, fibrocyty)
- **pyramídový tvar** (pyramídové bunky v kôre mozgovej)
- **polyedrický tvar** (pečeňové bunky, epitelové bunky *stratum spinosum* v pokožke)

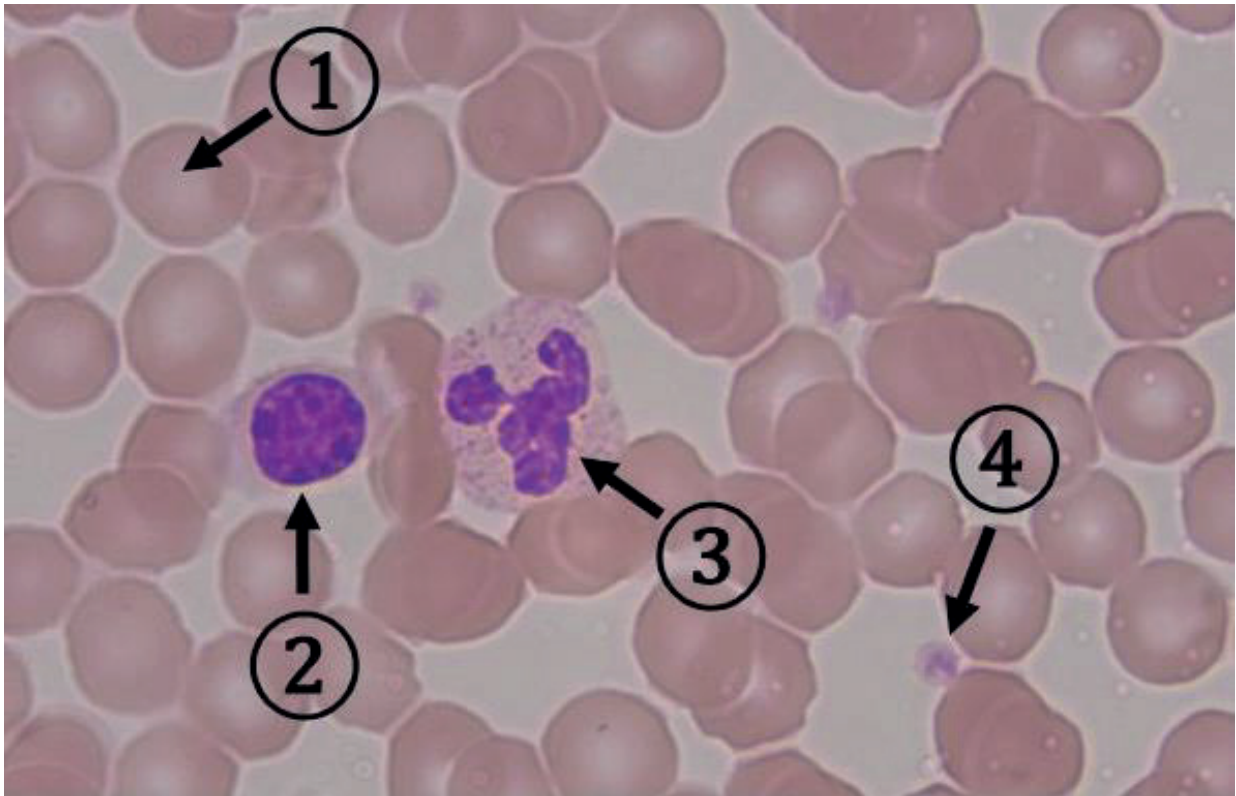
2.3.2.1 Sférický (gul'ovitý) a od neho odvodené tvary

Okrúhly (sférický) tvar bunkového tela je typický pre **Ľudské vajíčka (oocyty)** uložené vo folikuloch v kôrovej časti vaječníka. Plne diferencované ľudské vajíčko predstavuje jednu z najväčších buniek v ľudskom tele a veľkosť dosahuje $\text{\O} 150\text{--}200 \mu\text{m}$. Obsahuje veľké, svetlé, mierne excentricky uložené bunkové jadro s výrazným podielom euchromatínu, a tmavým bazofilným jadierkom. Cytoplazma je zrnitá a eozinofilná. Okolo povrchovej bunkovej membrány je vytvorená výrazne eozinofilná vrstva glykoproteínov, ktorá sa označuje ako *zona pellucida*.



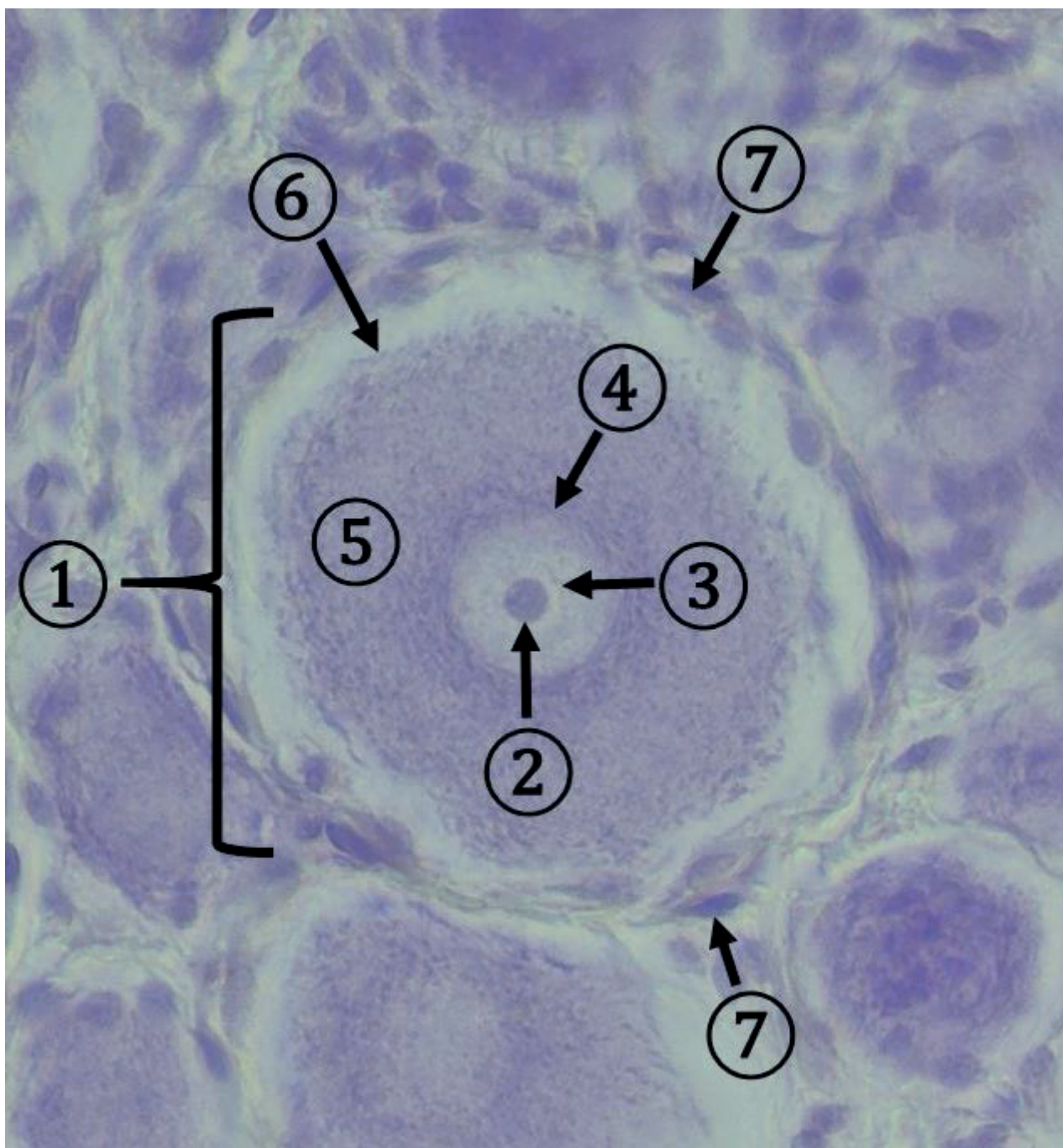
Obr. 2.10 Gul'ovitý tvar bunky I – Ľudské vajíčko (oocyt, ovum). 1 – primárny oocyt, 2 – jadrový obal, 3 – jadrový chromatín, 4 – menej zreteľné jadierko, 5 – eozinofilná a zrnitá cytoplazma, 6 – bunková membrána, 7 – zona pellucida, 8 – okolité tkanivo vaječníkového folikulu. (Ovarium, farbenie: HE)

Okrúhly (sférický) tvar bunkového tela je charakteristický pre väčšinu leukocytov – **lymfocyty** a **neutrofilné granulocyty**. Malý lymfocyt ($\text{\O} 6\text{--}8 \mu\text{m}$) má tmavé intenzívne bazofilne sa farbiace bunkové jadro bohaté na heterochromatín. Cytoplazmy je pomerne málo a vytvára iba úzky lem okolo bunkového jadra. Neutrofilný granulocyt je väčšia bunka ($\text{\O} 12\text{--}15 \mu\text{m}$), cytoplazma sa farbí sivo-ružovo s jemne zrnitým obsahom. Bunkové jadro je segmentované/laločnaté, rozdelené do 2-5 segmentov/lalokov, ktoré sú pospájané tenkými chromatinovými mostíkmi.



Obr. 2.11 Guľovitý tvar bunky II – krvinky. 1 – zrelý plne diferencovaný erytrocyt bez jadra, 2 – lymfocyt s tmavým okrúhlym intenzívne bazofilným jadrom s prevahou heterochromatínu, 3 – neutrofilný granulocyt s jadrom rozdeleným do lalokov, 4 – trombocyt. (Krvný náter, farbenie: May-Grünwald + Giemsa-Romanovsky)

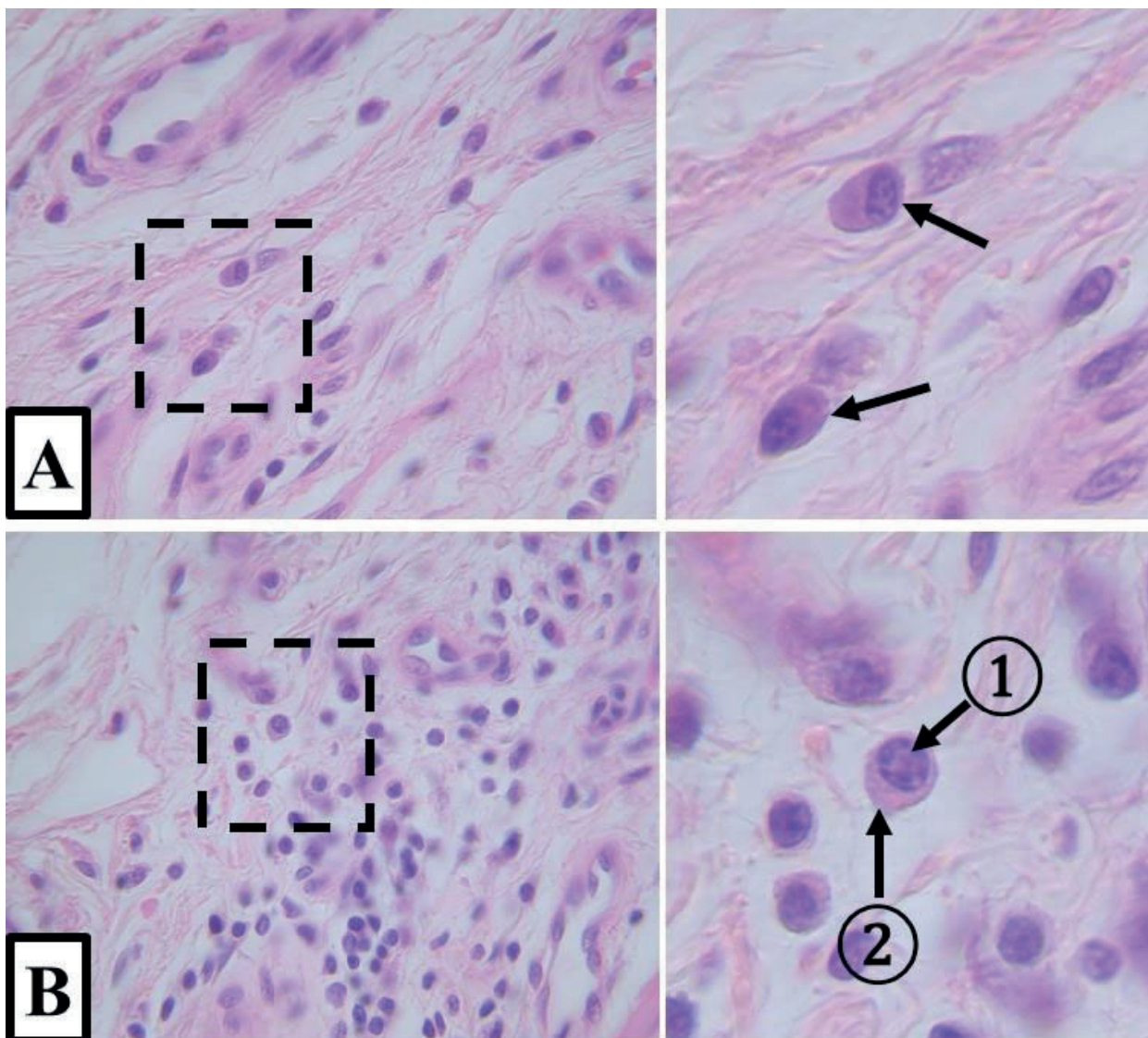
Ďalším typickým príkladom bunky, ktorá má okrúhly tvar tela sú nervové bunky v senzitivných spinálnych gangliách. Ide o **pseudounipolárne gangliové bunky**, ktorých **veľkosť** bez výbežkov sa pohybuje v rozmedzí $\text{Ø } 20\text{-}50 \mu\text{m}$. Ich názov je odvodený od vetvenia ich výbežkov. Bunky majú iba jeden výbežok, ktorý sa v blízkosti tela rozvetvuje v podobe písmena T na dve ramená. Jedno plní funkciu dendritu, druhé funguje ako axón. Je nutné zdôrazniť, že vzhľadom na hrúbku histologických rezov a použité farbiace metódy toto typické vetvenie nevidieť. Bunky majú **sférický tvar tela**, rovnako bunkové **jadro** je **guľovité**, pomerne **veľké**, **svetlé euchromatické** s **viditeľným jadierkom**. Cytoplazma je pri použitej Nisslovej metóde farbenia **bazofilná** a obsahuje **početné, veľmi jemné** nepravidelne izolované zrnká **Nisslovej hmoty**. Podľa množstva a veľkosti zrn Nisslovej hmoty sú tieto nervové bunky zaradené do skupiny **gryochrómnych neurónov**.



Obr. 2.12 Gul'ovitý tvar bunky III – pseudounipolárny neurón. 1 – telo pseudounipolárneho neurónu, 2 – zreteľné jadierko, 3 – jadrový euchromatín, 4 – menej zreteľný jadrový obal, 5 – bazofilná zrnitá cytoplazma obsahujúca zrnká Nisslovej hmoty, 6 – bunková membrána, 7 – podporné nervové bunky – satelitové bunky (amficyty). (Ganglion spinale sensorium, farbenie: Nisslova metóda)

Okolo tela neurónov sú prítomné **malé neurogliové bunky – satelitové bunky (amficyty)** v podobe plášťa. Satelitové bunky sú podstatne menšie a v preparáte majú zreteľné oválne a tmavšie sa farbiace bunkové jadro. Ich cytoplazma je v obraze mikroskopu veľmi svetlá, málo zreteľná, pretože na rozdiel od pseudounipolárnych gangliových buniek neobsahuje Nisslovu hmotu.

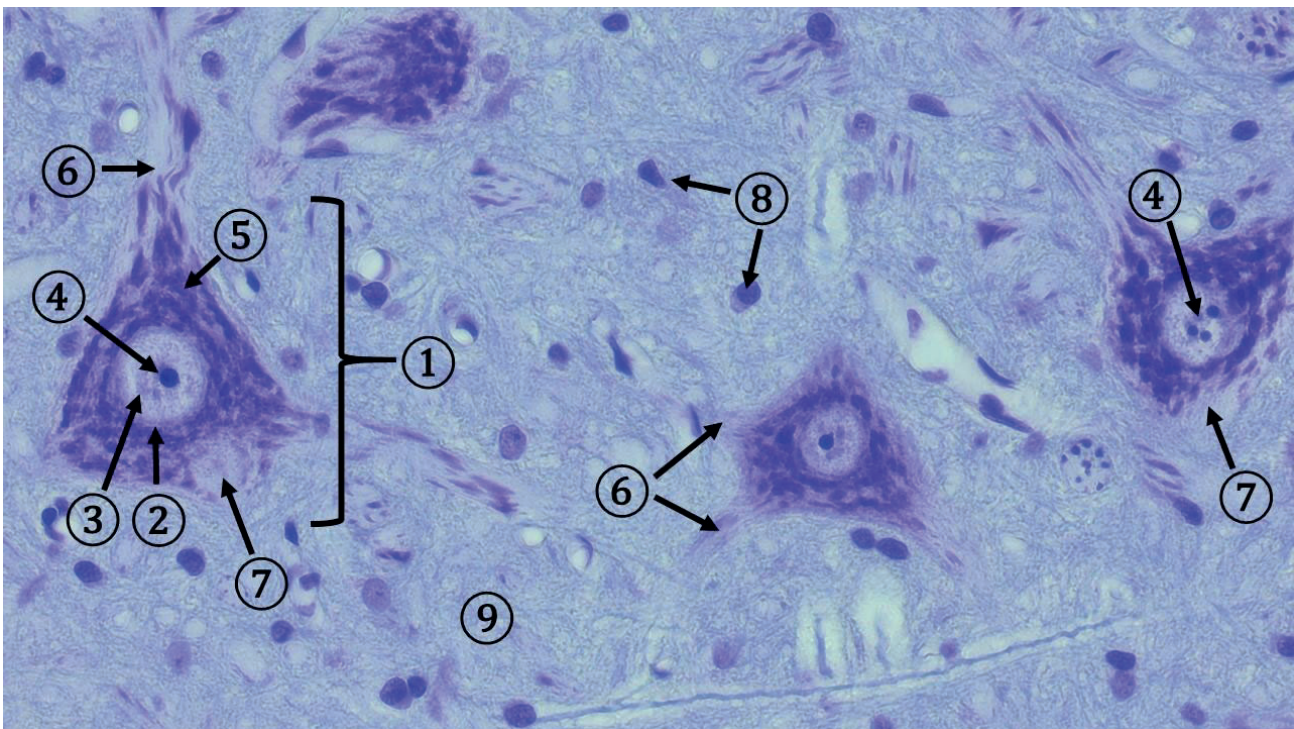
Ovoidný alebo vajcovitý tvar je typický pre telo **plazmatických buniek (plazmocyty)**. Predstavujú efektorové bunky B-lymfocytov zodpovedajúce za humorálnu (protilátkovú) imunitu. Bunky sú veľké asi **12-20 μm** , majú typickú **bazofilnú cytoplazmu**, vzhľadom na bohato vyvinuté granulované endoplazmatické retikulum zodpovedné za syntézu špecifických glykoproteínov – protilátok. **Bunkové jadro** je pomerne veľké **gul'ovité** uložené **excentricky** a má typicky **lúčovito (radiálne) usporiadaný heterochromatín**.



Obr. 2.13 Ovoidný (vajcovitý) tvar – plazmatické bunky. A. plazmatické bunky v riedkom kolagénovom väzive; B. Riedke kolagénové väzivo infiltrované lymfocytmi a plazmatickými bunkami. 1 – excentricky uložené sférické bunkové jadro plazmatickej bunky, 2 – cytoplazma. (Oesophagus-cardia, farbenie: HE)

2.3.2.2 Hviezdicovitý (nepravidelný) tvar

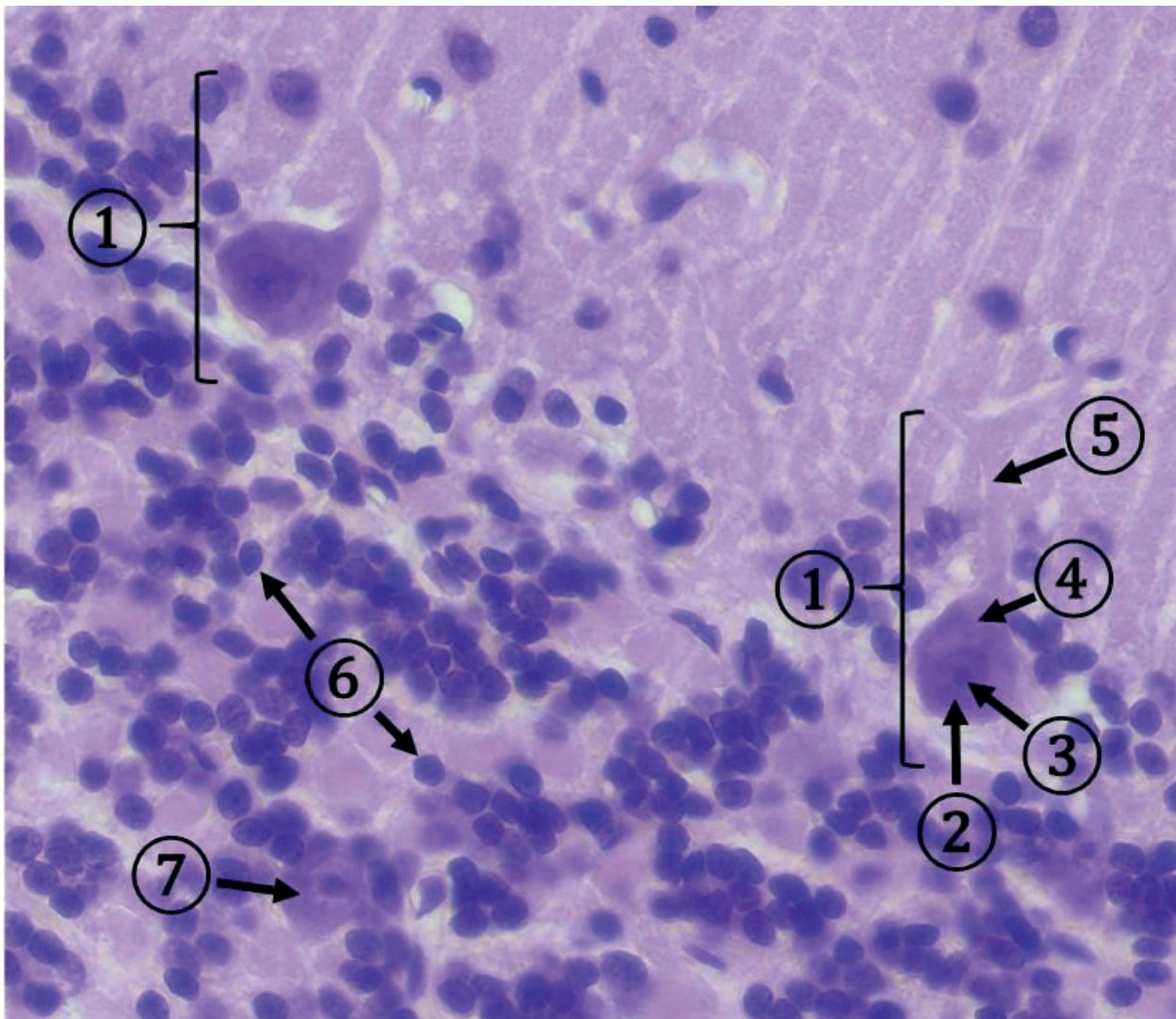
Veľmi dobrým príkladom buniek, ktoré prezentujú **hviezdicovitý tvar** tela sú nervové bunky prítomné v predných rohoch miechy. Ide o **veľké multipolárne motorické neuróny**, ktorých **veľkosť** tela bez výbežkov sa pohybuje **do 150 µm**. Bunky majú **nepravidelný tvar**, pretože z tela vybieha rôzny počet cytoplazmatických výbežkov (jeden axón + 2 a viac dendritov). **Centrálné uložené bunkové jadro** je pomerne **veľké, guľovité, svetlé** s vysokým podielom **euchromatínu** so zreteľným jedným príp. viacerými **jadierkami**. **Cytoplazma** je pri použitej Nisslovej metóde farbenia **bazofilná** a obsahuje **početné, veľké, zreteľné zrnká Nisslovej hmoty**. Podľa distribúcie a veľkosti zrn Nisslovej hmoty sú tieto neuróny zaradené do skupiny **stichochrómnych neurónov**. Nisslova hmota je prítomná v bunkovom tele, zasahuje do dendritov, no úplne chýba v axóne. Okolo tiel neurónov sú prítomné **okrúhle príp. oválne bunkové jadrá neurogliových buniek**. Konkrétny typ neuroglie sa vzhľadom na použité farbenie podľa Nissla nedá presne určiť.



Obr. 2.14 Hviezdicovitý tvar bunky – veľké multipolárne motorické neuróny. 1 – telo neurónu, 2 – jadrový obal, 3 – jadrový euchromatín, 4 – jadierko, 5 – bazofilná zrnitá cytoplazma obsahujúca veľké zrnká Nisslovej hmoty, 6 – dendrit, 7 – odstupový kužeľ axónu, 8 – jadrá podporných neurogliových buniek, 9 – neuropil. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

2.3.2.3 Hruškovitý tvar

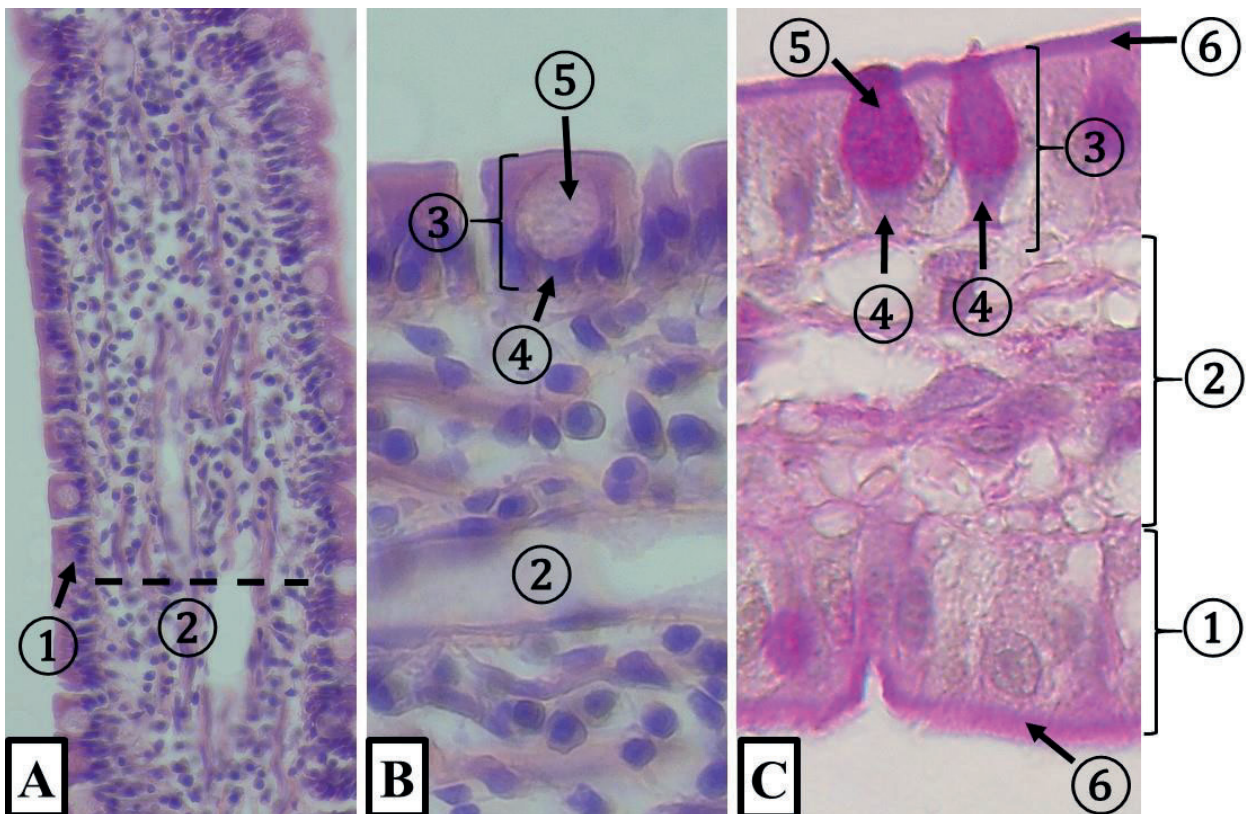
Purkyňove gangliové bunky v kôre mozočka majú **hruškovitý (pyriformný) tvar** tela. Purkyňove bunky formujú veľmi úzku vrstvu *stratum gangliosum*, ktorú tvorí jeden rad nápadne veľkých multipolárnych nervových buniek. Telo nervových buniek má **hruškovitý tvar** a veľkosťou sa bez výbežkov pohybuje v intervale \varnothing **60-80 μm** . Z tela odstupuje jeden hlavný dendrit, ktorý sa rozvetvuje na 2 až 3 vetvy na spôsob „parohov“ alebo „vejára“. Axón odstupuje na báze bunky, ale v histologickom reze nie je viditeľný. **Cytoplazma je bazofilná a obsahuje veľmi drobné a početné zrnká Nisslovej hmoty**. Podľa distribúcie a veľkosti zrn Nisslovej hmoty sú tieto neuróny zaradené do skupiny **arkiochrómnych neurónov**. Zrnká Nisslovej hmoty opäť zasahujú do cytoplazmy počiatočného úseku dendritov. Pod Purkyňovými bunkami sú prítomné vo veľkom počte **malé zrnité bunky**, ktoré patria k najmenším bunkám v ľudskom tele a dosahujú veľkosť iba **4-5 μm** .



Obr. 2.15 Hruškovitý tvar bunky – Purkyňove bunky mozočka. 1 – telo neurónu s dendritom, 2 – bunkové jadro, 3 – jadierko, 4 – bazofilná cytoplazma s drobnými zrnkami Nisslovej hmoty, 5 – apikálny dendrit, 6 – jadrá malých zrnitých buniek kôry mozočka, 7 – bunkové jadro veľkej zrnitej Golgiho bunky. (Cerebellum, farbenie: HE)

2.3.2.4 Pohárikovitý (súdkovitý) tvar

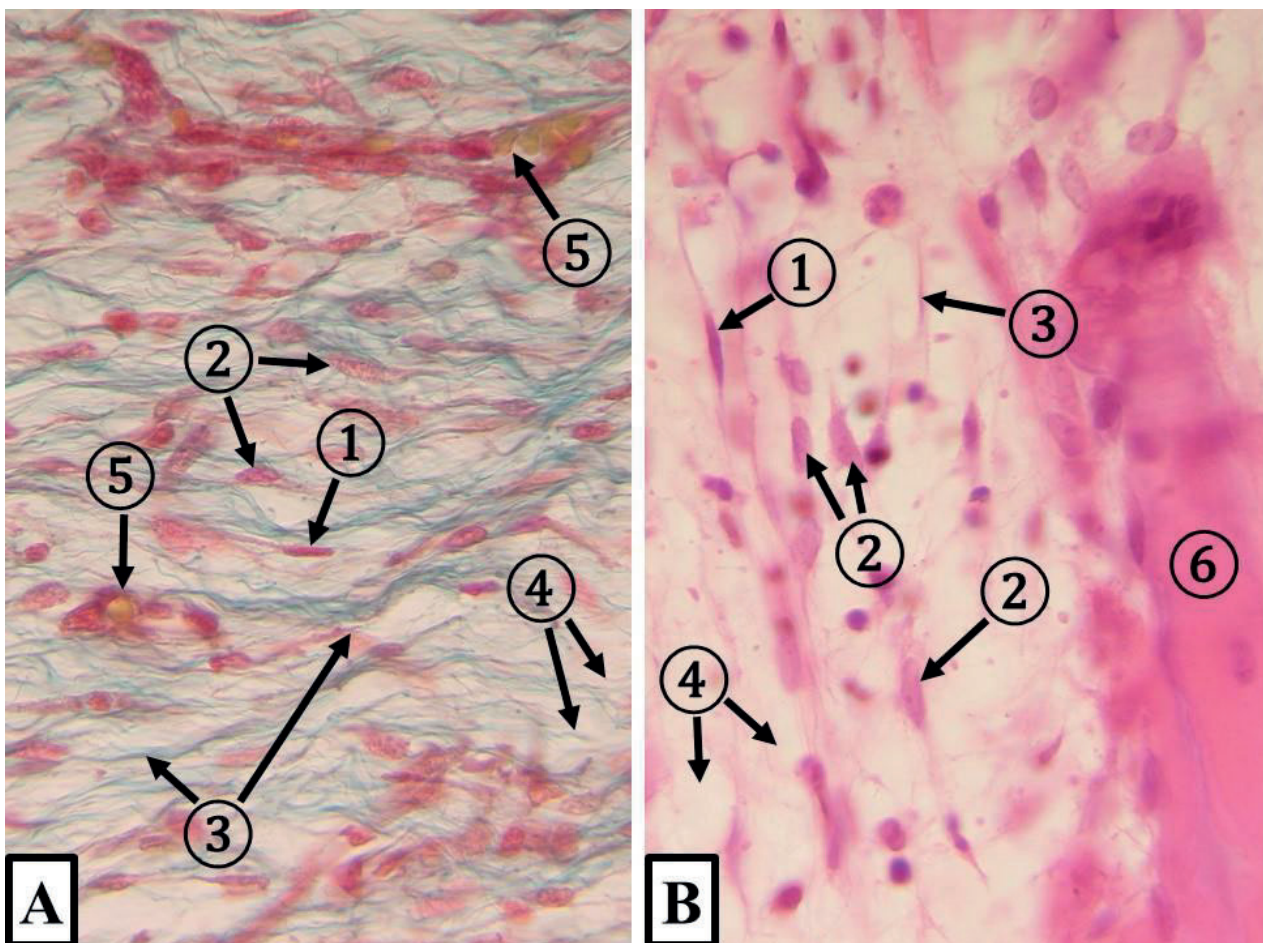
Pohárikovité bunky tvarom svojho tela pripomínajú „poháre“ na stopke, niekedy sa ich tvar morfológicky popisuje ako **súdkovitý tvar**. Sú to **jednobunkové, hlien syntetizujúce a secernujúce jednobunkové exokrinné žliazky**. Vyskytujú sa v povrchovom epiteli sliznice tenkého a hrubého čreva, sú súčasťou respiračného epitelu dýchacích ciest. Pohárikovité bunky sú **polarizované, vysoké epitelové bunky** vsadené do povrchového epitelu, ktoré užšou bázou nasadajú na dobre vytvorenú bazálnu membránu, ktorá ich oddeľuje od subepitelového väziva. Apikálna časť tela je dilatovaná a cytoplazma je vyplnená hlienovými sekréčnými granulami, ktoré majú tendenciu k splývaniu. Pri základnom farbení HE je bunkové jadro tmavé bohaté na heterochromatín, je lokalizované pri báze bunky. Cytoplazma obsahuje svetlé hlienové granuly. Pri použití histochemickej metódy na dôkaz glykoproteínov (PAS-reakcia), sa cytoplazma pohárikovitých buniek sfarbuje PAS-pozitívne fialovo-červeno a rovnako je výrazne pozitívna vrstva glykokalyxu na apikálnom povrchu črevného epitelu.



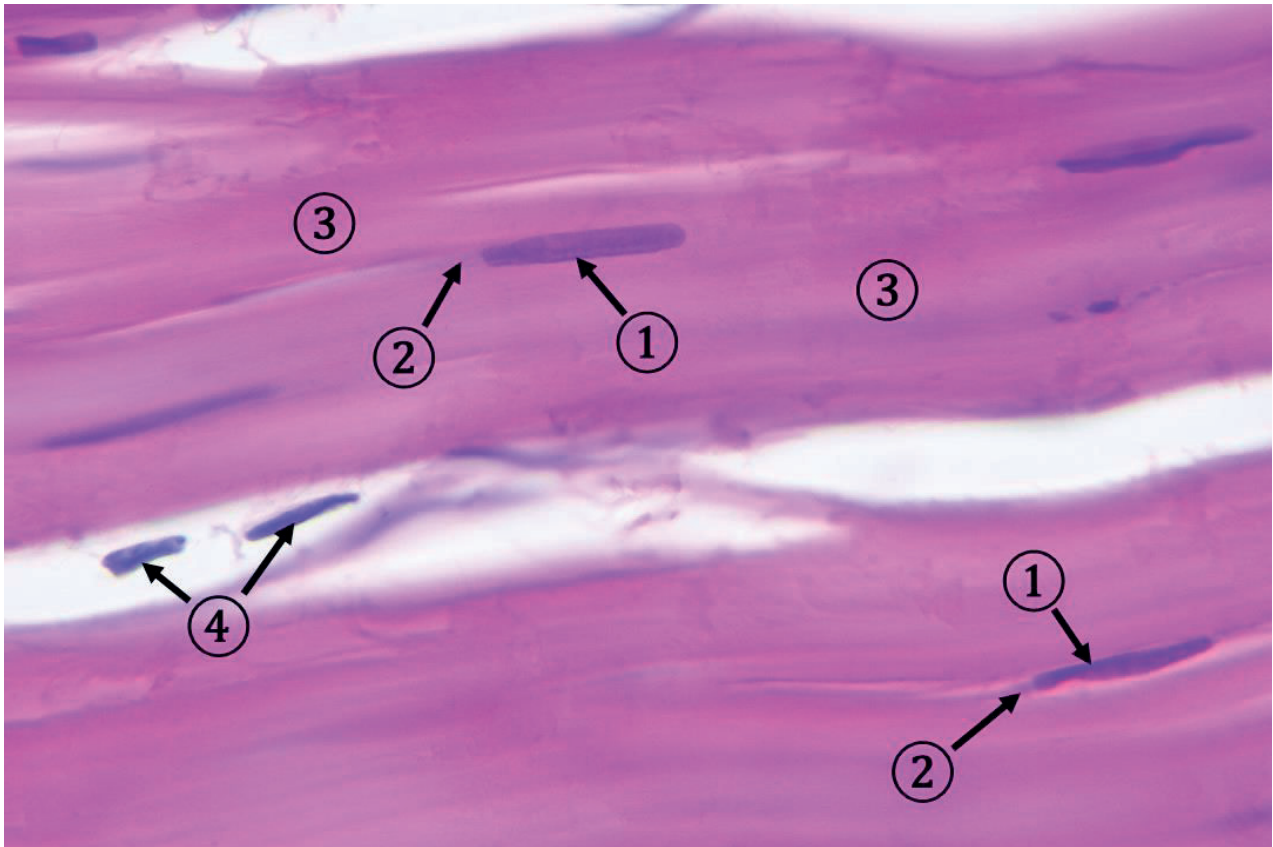
Obr. 2.16 Pohárikovitý tvar bunky v epiteli tenkého čreva A. - C. 1 – povrchový epitel sliznice čreva, 2 – väzivové tkanivo sliznice čreva, 3 - telo pohárikovitej bunky, 4 – bazálne uložené bunkové jadro, 5 – cytoplazma obsahujúca sekréčné zrnká hlienu, 6 – PAS-pozitívna vrstva glykokalyxu. (A. - C. *Intestinum tenue*, farbenie: HE (A., B.), PAS-metóda podľa *McManusa* na histochemický dôkaz glykoproteínov a hlienu (C.)

2.3.2.5 Vretenovitý tvar

Medzi bunky **vretenovitého tvaru** patria napr. **hladké svalové bunky**, **fibrocyty** vo väzive a špecifické **tendinocyty** šliach. Ide obyčajne o **štíhle bunky vretenovito prietiahleho tvaru**, na priečnom reze sú okrúhle. **Bunkové jadro** je **oválne až tyčinkovité, uložené** obyčajne **v strede** bunky. Jadro fibrocytov a tendinocytov je **tmavšie bazofilné**. Jadro hladkých svalových je bazofilné ale oproti fibrocytom a tendinocytom je **svetlejšie s difúzne roztrúsenými zrnkami heterochromatínu**, zvyčajne je viditeľné aj **jadierko**. **Cytoplazma** je **acidofilná (eozinofilná)**. Kontúry bunkového tela fibrocytov, tendinocytov ako aj hladkých svalových buniek v bežných preparátoch farbených metódou HE nie sú dobre postrehnuteľné, dajú sa znázorniť Heidenhainovým železitým hematoxylínom.



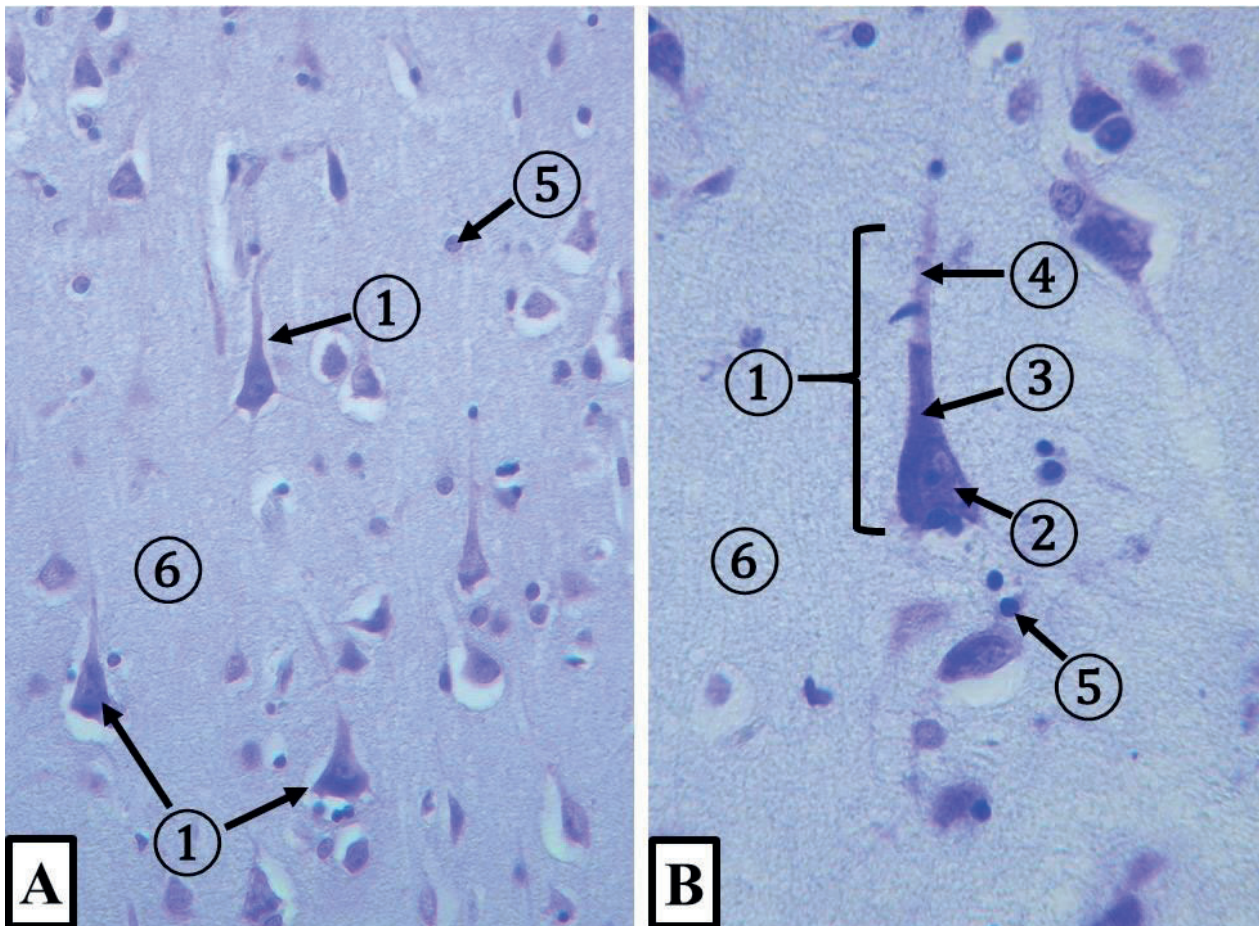
Obr. 2.17 Vretenovitý tvar bunky – fibrocyty a fibroblasty vo väzive. A. Riedke kolagénové väzivo. B. Kostná dreň. 1 – bunkové jadro fibrocytu (plochšie a tmavšie), 2 – bunkové jadro fibroblastu (oválne a svetlejšie s viditeľným jadierkom), 3 – kolagénové vlákna, 4 – amorfná medzibunková hmota, 5 – krvná cieva, 6 – kostné tkanivo. (A. Intestinum tenue, farbenie: zelený trichróm, B. Os, farbenie: HE)



Obr. 2.18 Vretenovitý tvar bunky – tendinocyty šľachy. 1 – bunkové jadro tendinocytu, 2 – úzky profil málo zreteľnej cytoplazmy, 3 – paralelne usporiadané hrubé zväzky kolagénových vlákien, 4 – bunkové jadrá fibrocytov. (Tendo, farbenie: HE)

2.3.2.6 Pyramídový tvar

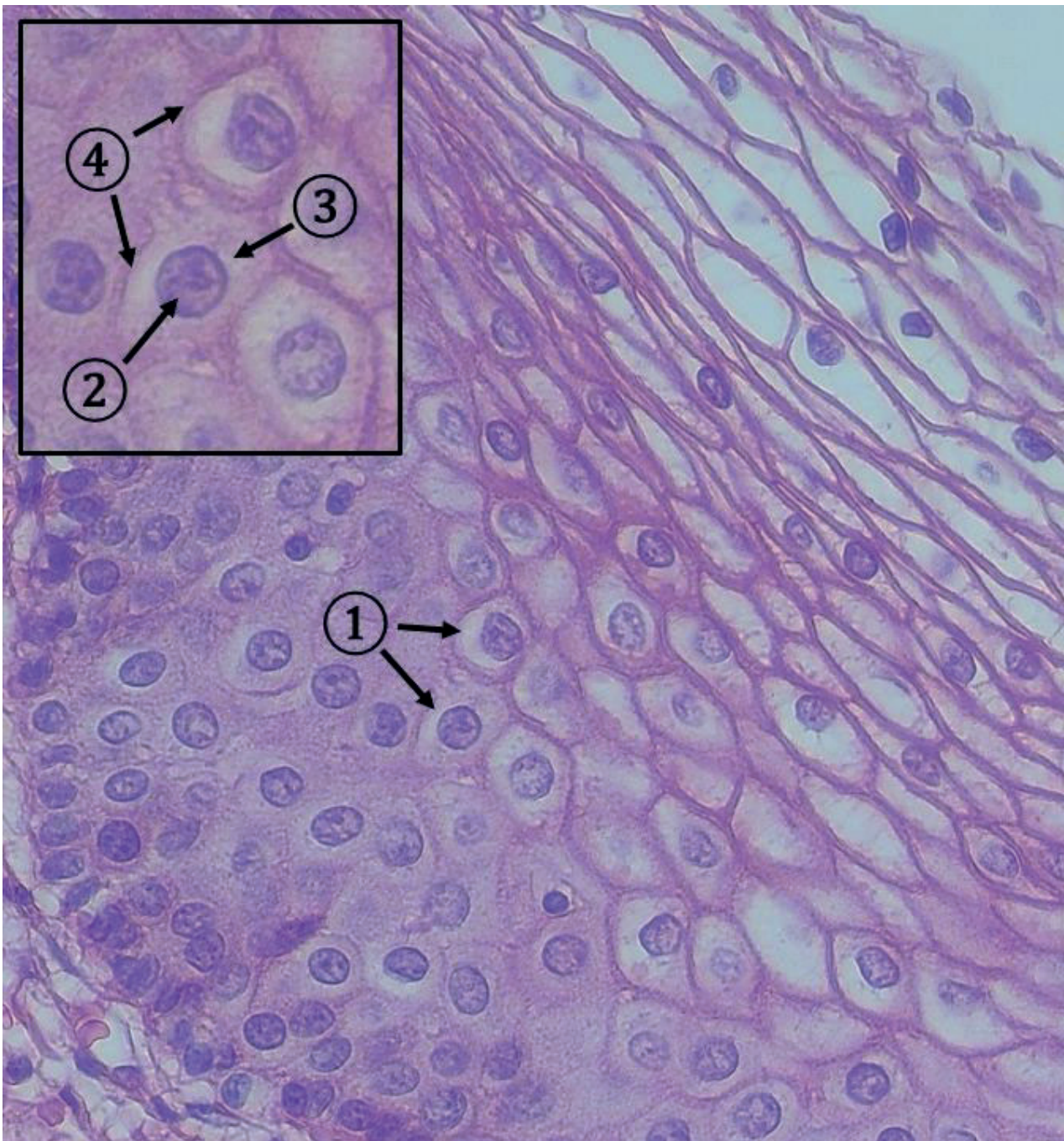
Bunky **pyramídového** tvaru sú prítomné v sivej hmote **kôry mozgovej**. Ide o veľké **multipolárne nervové bunky**, ktoré majú na histologických rezoch **trojuholníkový tvar** tela a ich **výška** môže dosahovať **80 - 120 μm** , preto patria medzi veľké bunky v ľudskom tele. Bunky obsahujú jedno **veľké mechúrikovité svetlé jadro guľovitého tvaru** s nápadným **jadierkom**. **Cytoplazma** je výrazne **bazofilná** a obsahuje početné zrnká Nisslovej hmoty. Z vrcholu každej pyramídovej bunky vystupuje **hrubý** a zreteľný **dendrit**. Odstupový kužeľ axónu sa nachádza uprostred bázy pyramídovej bunky.



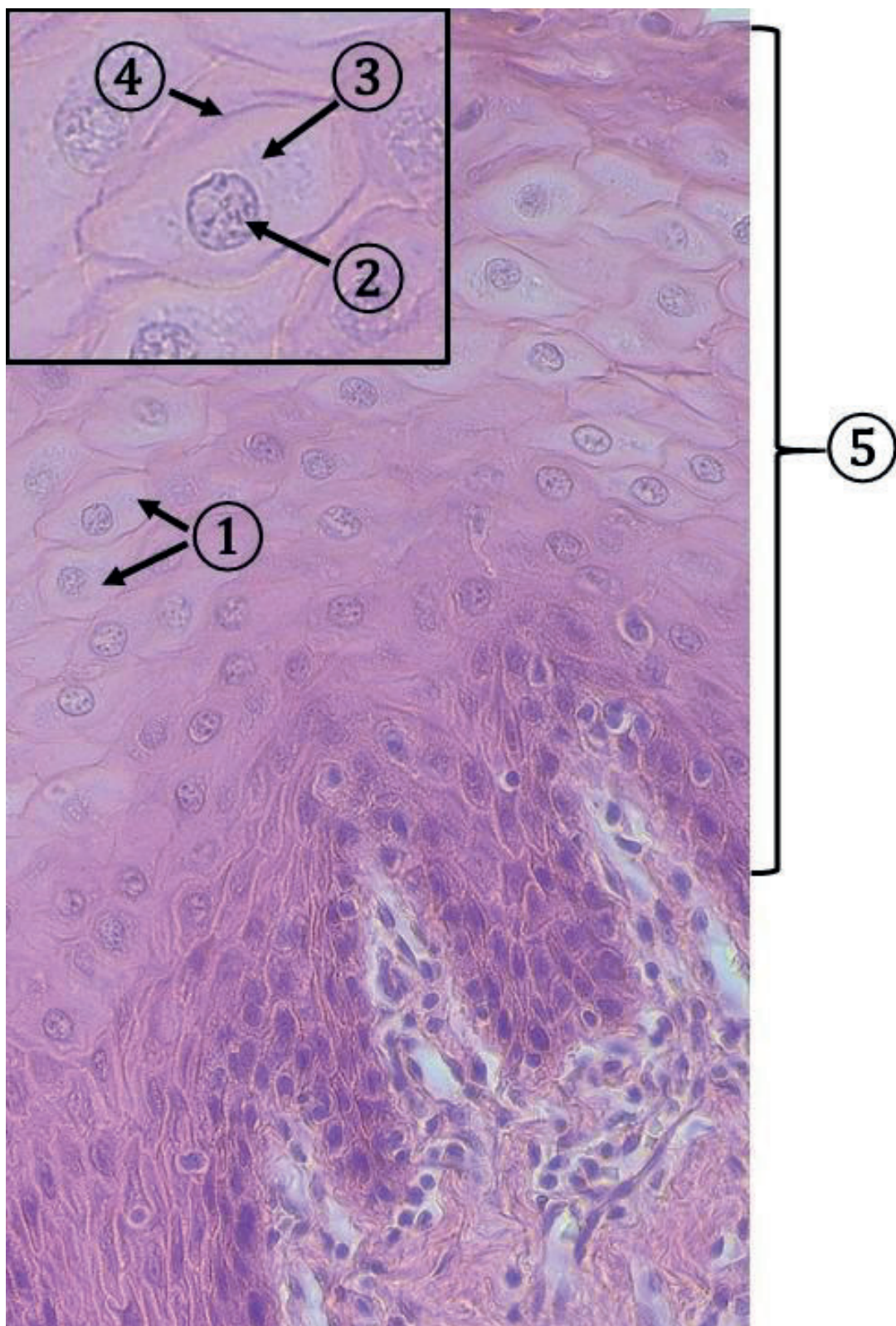
Obr. 2.19 Pyramídový tvar bunky. A. Veľké pyramídové bunky kôry mozgovej. B. Detail nervovej bunky. 1 – pyramídová bunka, 2 – bunkové jadro s jadierkom, 3 – bazofilná cytoplazma s obsahom Nisslovej hmoty, 4 – apikálny (kmeňový) dendrit, 5 – jadrá podporných neurogliových buniek, 6 – neuropil. (Cortex cerebri, farbenie: Nisslova metóda)

2.3.2.7 Polyedrický tvar

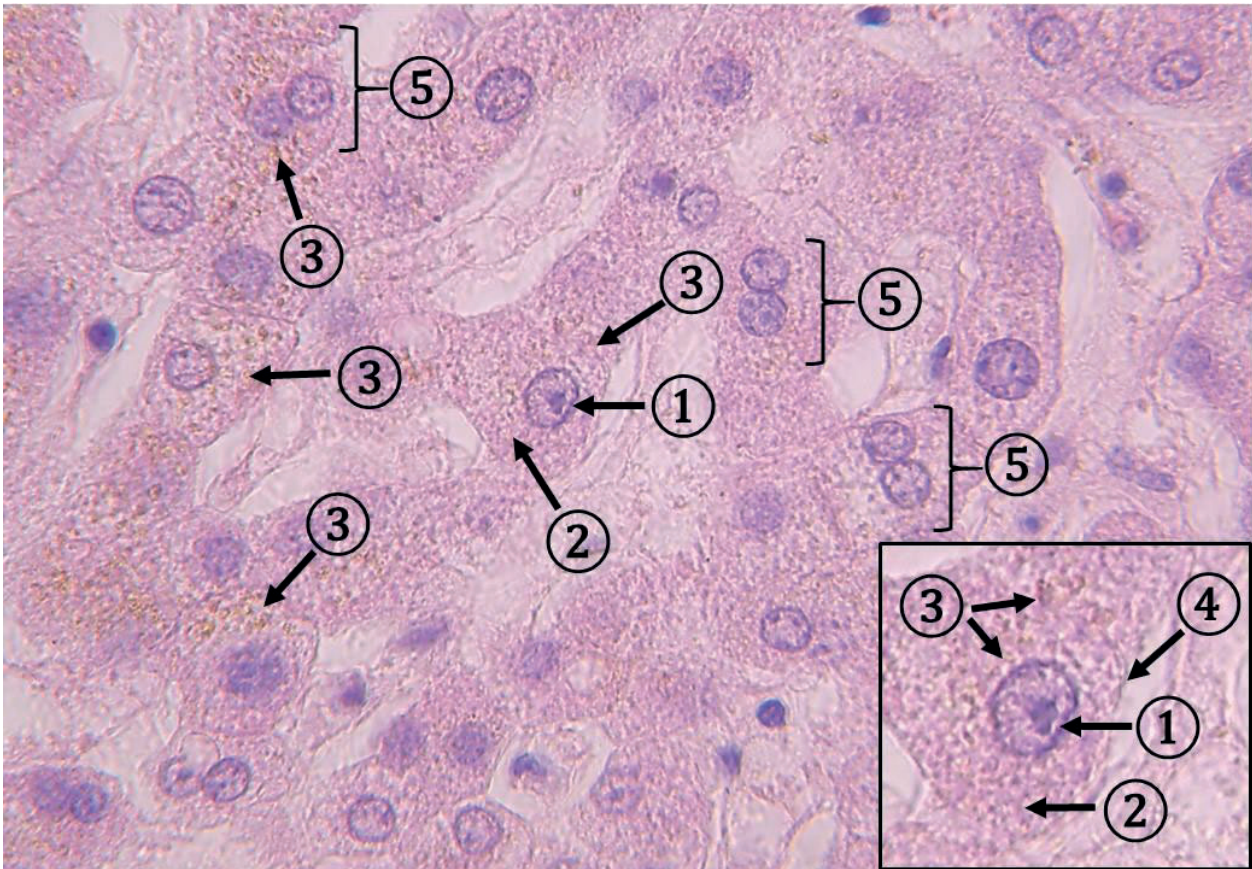
Polyedrický (polygonálny) tvar je pomerne často prítomný v tkanivách ľudského tela. Takýto tvar majú napr. pečňové bunky, epitelové bunky *stratum spinosum* viacvrstvových dlaždicovitých epitelov. Telo bunky polygonálneho tvaru má vzhľad **mnohouholníka** (t.j. má mnoho uhlov). **Polyedrický tvar (mnohostenný)** v 3D priestore má viaceré plôšky. V histologickej terminológii sa obyčajne termíny polyedrický a polygonálny používajú ako synonymá. **Pečňové bunky (hepatocyty)** sú typické bunky polygonálneho tvaru, veľkosti **20-30 µm**. Bunka obsahuje obyčajne **acidofilnú, zrnitú cytoplazmu** s **jedným** príp. dvoma guľovitými jadrami s vyšším obsahom euchromatínu. Hepatocyt sa vyznačuje vysokou metabolickou aktivitou s bohatým zastúpením celého spektra bunkových organel zodpovedajúcim rozmanitým funkciám pečene.



Obr. 2.20 Polyedrický tvar bunky vo viacvrstvovom dlaždicovom epiteli. 1 – telo epitelovej bunky polyedrického tvaru, 2 – okrúhle bunkové jadro uložené centrálnne, 3 – svetlá cytoplazma bunky, 4 – bunková membrána. (*Vagina*, farbenie: HE)



Obr. 2.21 Polyedrický tvar bunky – epitelové bunky. 1 – polyedrické telo epitelovej bunky, 2 – guľovité bunkové jadro uložené centrálnne, 3 – eozinofilná cytoplazma bunky, 4 – bunková membrána, 5 – epitel sliznicovej strany pery. (*Labium oris – pars mucosa labii*, farbenie: HE)



Obr. 2.22 Polyedrický tvar bunky – pečeňové bunky (*hepatocyty*). 1 – guľovité bunkové jadro s viditeľným jadierkom, 2 – zrnitá acidofilná cytoplazma, 3 – žltohnedé zrnká pigmentu lipofuscínu v cytoplazme hepatocytov, 4 – bunková membrána, 5 – dvojjadrové hepatocyty. (Hepar, farbenie: HE)

Literatúra

BELÁK, M. a kol.: *Veterinárna histológia*, Príroda, 1990.

BELEJ, K., BELEJ, K. jr.: *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Grada, 2014.

CIGÁNKOVÁ, V. a kol.: *Veterinárna histológia I.*, UVLF v Košiciach, 2018.

KAPELLER, K., STRAKELE, H.: *Cytomorfológia*, Osveta, 1999.

KLIKA, E. a kol.: *Histológia*, Osveta, 1988.

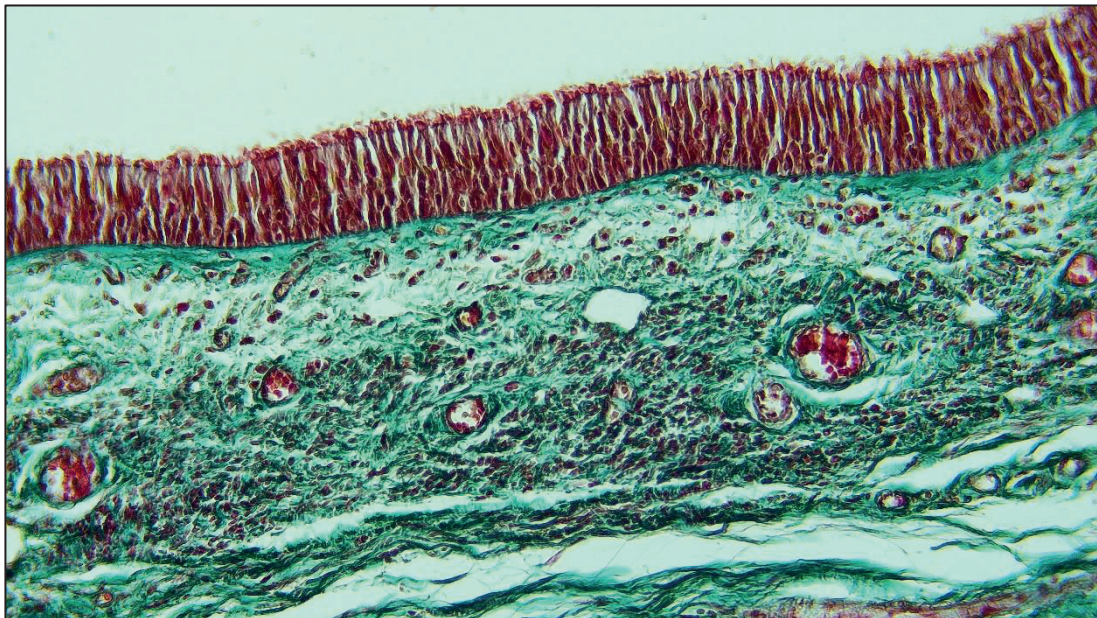
LÜLLMANN-RAUCH R.: *Histologie*, Grada, 2012.

MECHÍROVÁ, E. a kol.: *Histológia*, Aprilla, 2007.

VACEK, Z.: *Histológia a histologická technika*, Osveta, 1990.

3 EPITELOVÉ TKANIVO I

MVDr. Monika Holodová, PhD.



3.1 Krycie epitely

3.1.1 Jednovrstvové epitely

3.1.2 Viacradové epitely

3.1.3 Viacvrstvové epitely

3 EPITELOVÉ TKANIVO

Epitelové tkanivo sa skladá z buniek usporiadaných tesne vedľa seba, s minimálnym množstvom medzibunkovej hmoty.

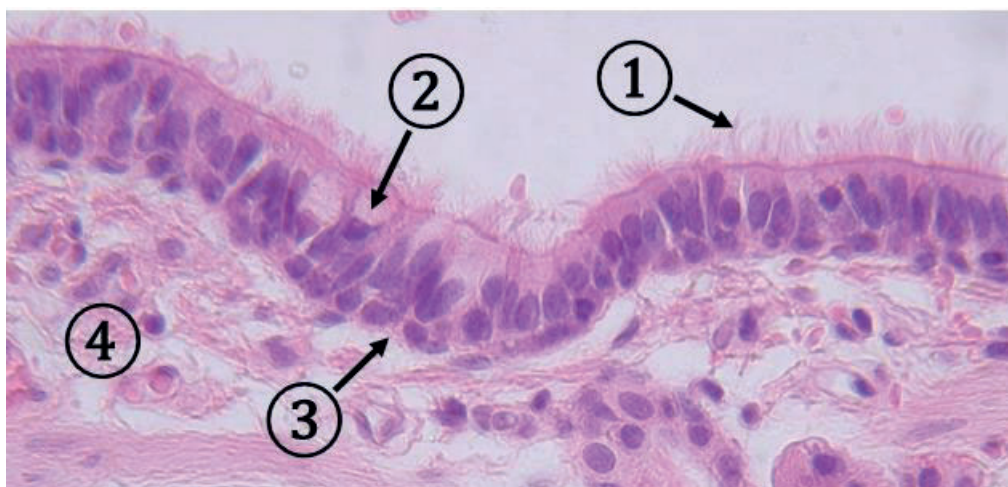
- Epitel leží na **bazálnej membráne**, ktorá ho oddeľuje od vaskularizovaného väzivového tkaniva.
- Epitel je **bezcievne** (avaskulárne) tkanivo, **boгато inervované**.
- Na bunkách epitelu rozlišujeme bazálny, laterálny a apikálny pól.

Na **bazálnom póle** môže byť vytvorený **bazálny labyrint** napr. pre transport iónov.

Na **laterálnom póle** sú prítomné špecializované bunkové spojenia, ktoré delíme na **utesňujúce spojenia** (*zonulae occludentes*), **adhézne spojenia** (*zonulae adhaerentes*, *maculae adhaerentes* - dezmozómy, hemidezmozómy pripajajúce bazálne epitelové bunky k bazálnej membráne), **komunikačné spojenia** (nexus).

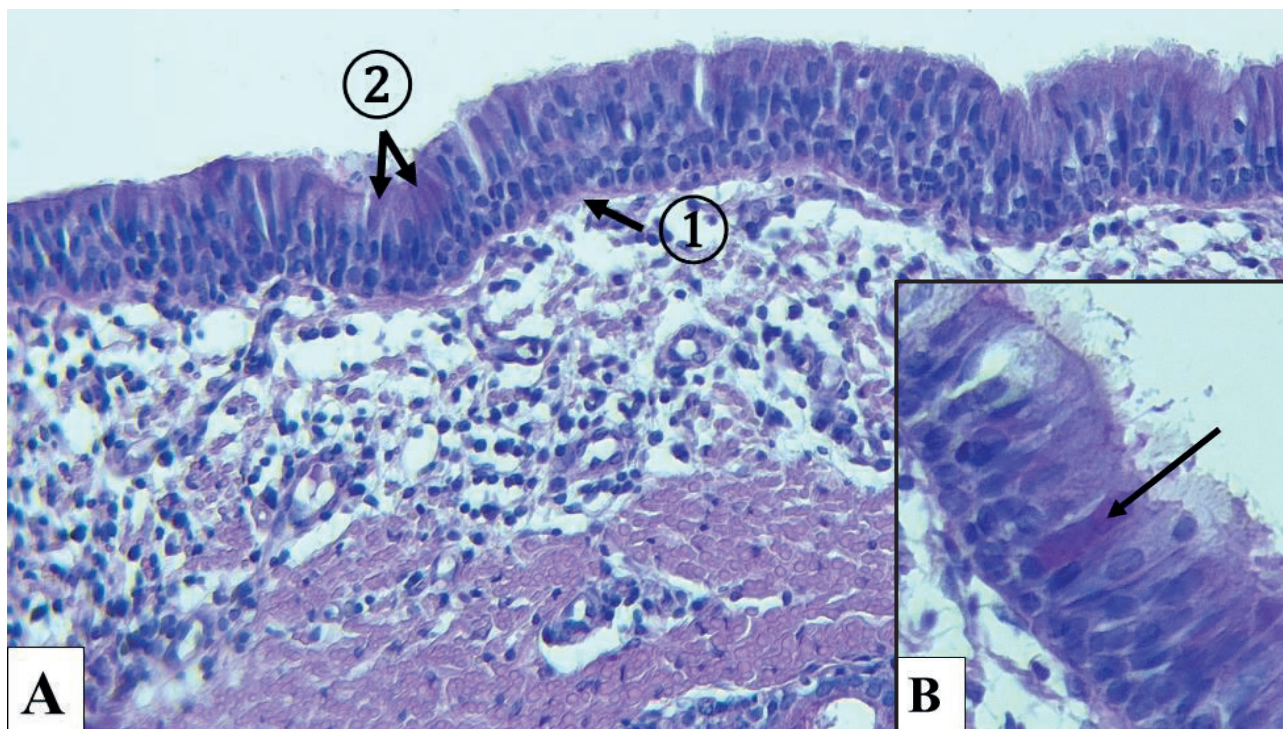
Na **apikálnych** - voľných povrchoch môžu byť prítomné: **mikroklky** v svetelnom mikroskope sa označujú ako **kefkovitý lem** (zväčšujú plochu pre absorpciu látok), pohyblivé **riasinky** – **kinocílie** (transport hlienu, transport oocytov), nepohyblivé **stereocílie** (absorpcia), alebo **povrch** buniek môže byť **hladký**.

- Štruktúra epitelového tkaniva je podmienená jeho funkciou. Podľa funkcie sa epitelové tkanivo rozdeľuje do dvoch skupín: **krycie (vystielajúce) epitely** a **žľazové epitely**.
- **Podľa pôvodu** epitely môžu pochádzať z troch zárodkových listov: **ektodermálny** pôvod (epitel pokožky), **endodermálny** pôvod (epitel tráviacej rúry), **mezodermálny** pôvod (tubuly v obličke, mezotel, endotel – vzniká z mezenchýmu).



3.1 Viacradový cylindrický epitel s riasinkami. 1 – riasinky (kinocílie) na apikálnom póle epitelových buniek, 2 – žľazová poháriková bunka v krycom epiteli, 3 – bazálna membrána, 4 – väzivo. (Pulmo - bronchus, farbenie HE)

Bazálny povrch epitelových buniek nasadá na bazálnu membránu, ktorá je v svetelnom mikroskope viditeľná iba pri hrúbke väčšej ako 1µm. Bazálna membrána sa dá špecificky znázorniť PAS reakciou alebo impregnáciou soľami striebra.



Obr. 3.2 Viacradový cylindrický epitel s riasinkami. A. 1 – bazálna membrána, 2 – pohárikovité bunky s PAS pozitívnou reakciou na dôkaz hlienu; B. Detail žľazovej pohárikovej bunky s obsahom hlienu v krycom epiteli. (Trachea, farbenie: PAS reakcia)

3.1 Krycie epitely

Krycie epitely vystielajú dutiny orgánov, telové dutiny a vonkajšie povrchy niektorých orgánov.

Podľa počtu vrstiev a tvaru buniek sa krycie epitely morfológicky rozdeľujú na:

Jednovrstvové epitely

- jednovrstvový plochý epitel
- jednovrstvový kubický epitel
- jednovrstvový cylindrický epitel

Viacradové epitely

- viacradový cylindrický s kinocíliami alebo stereocíliami
- prechodný epitel - urotel

Viacvrstvové epitely

- viacvrstvový plochý nerohovatejúci epitel
- viacvrstvový plochý rohovatejúci epitel
- viacvrstvový cylindrický epitel

3.1.1 Jednovrstvové epitely

Jednovrstvový plochý epitel

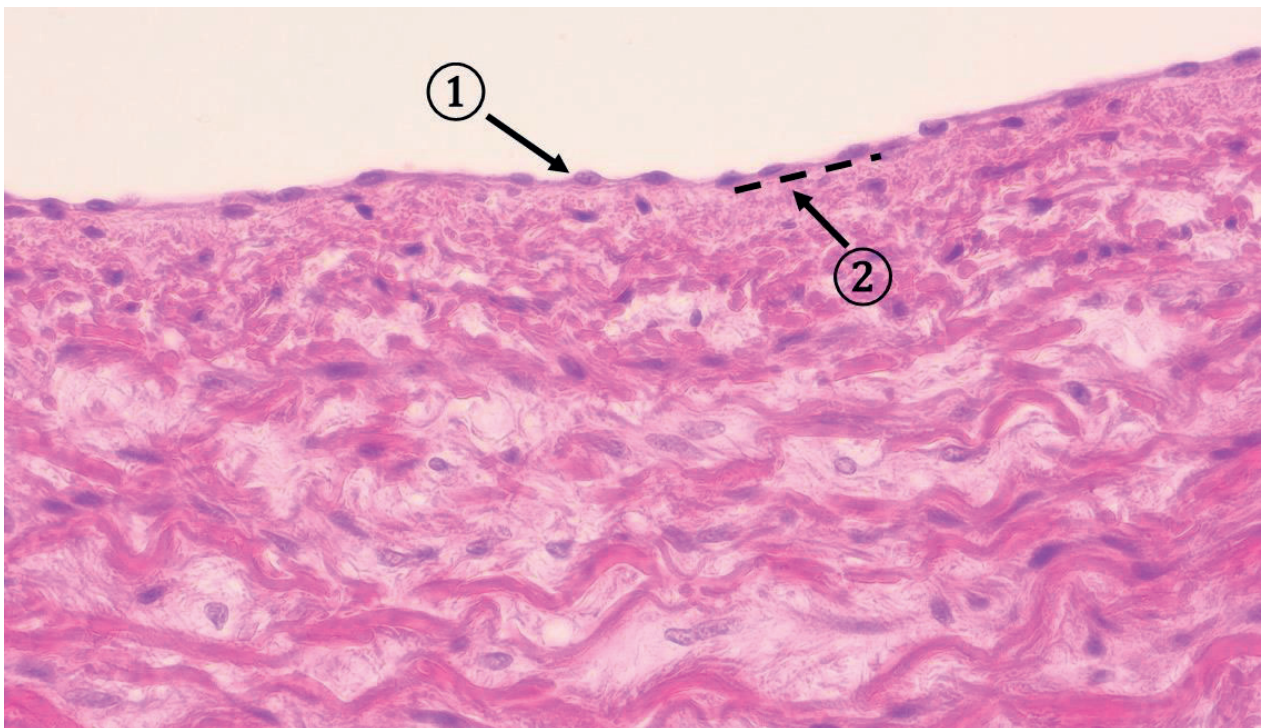
Epitel je tvorený jednou vrstvou plochých (dlaždicovitých) buniek, ktoré nasadajú na bazálnu membránu. Jadro buniek je ploché, uložené v strede bunky. Pri priestorovom pohľade od povrchu epitelu bunky vytvárajú mozaiku s pravidelnými viacuholníkovoými obrysami, nazývajú sa ploché, polygonálne bunky.

Výskyt: tenké ramienko Henleho slučky, výstelka Bowmanovho puzdra corpusculum renis, endotel, mezotel.

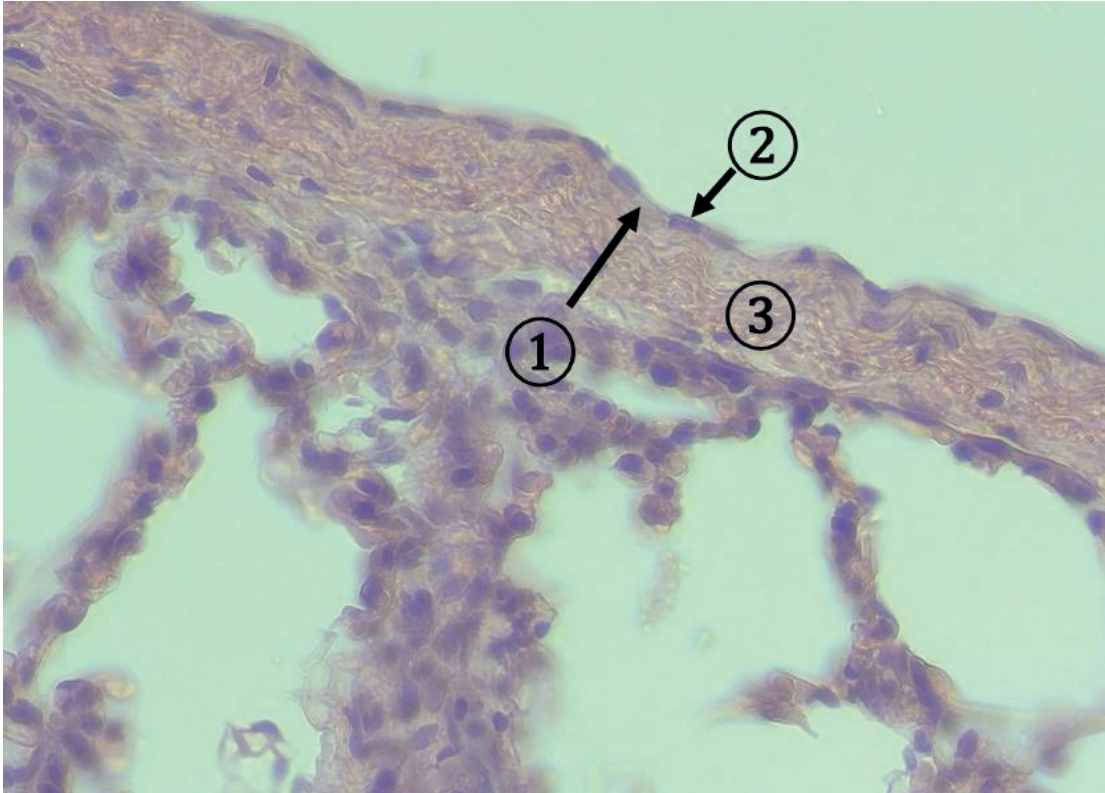
Endotel – tvorí výstelku krvných a lymfatických ciev, výstelku srdcových dutín (endokard).

Mezotel – pokrýva vonkajší povrch niektorých orgánov napr. pľúca, slezinu;

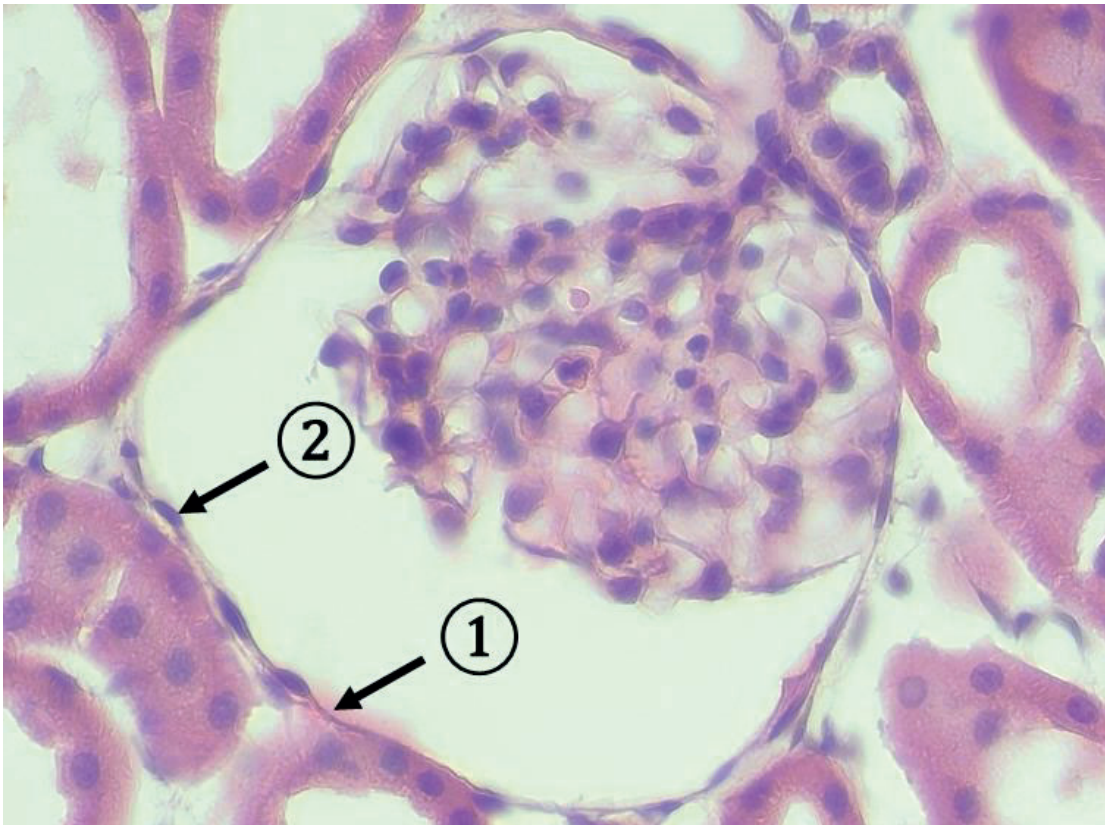
- vystiela telové dutiny: hrudnú - pohrudnica (pleura), brušnú dutinu - pobrušnica (peritoneum), dutinu v ktorej je uložené srdce - osrdcovník (perikard).



Obr. 3.3 Jednovrstvový plochý epitel - endotel. 1 – dlaždicovité bunky s plochým jadrom, 2 – bazálna membrána. (Arteria elastica, farbenie: HE)



Obr. 3.4 Jednovrstvový plochý epitel - mezotel. 1 – bazálna membrána, 2 – jadrá plochých buniek, 3 – subepitelové väzivo. (Pulmo, viscerálna pleura, farbenie: HE)

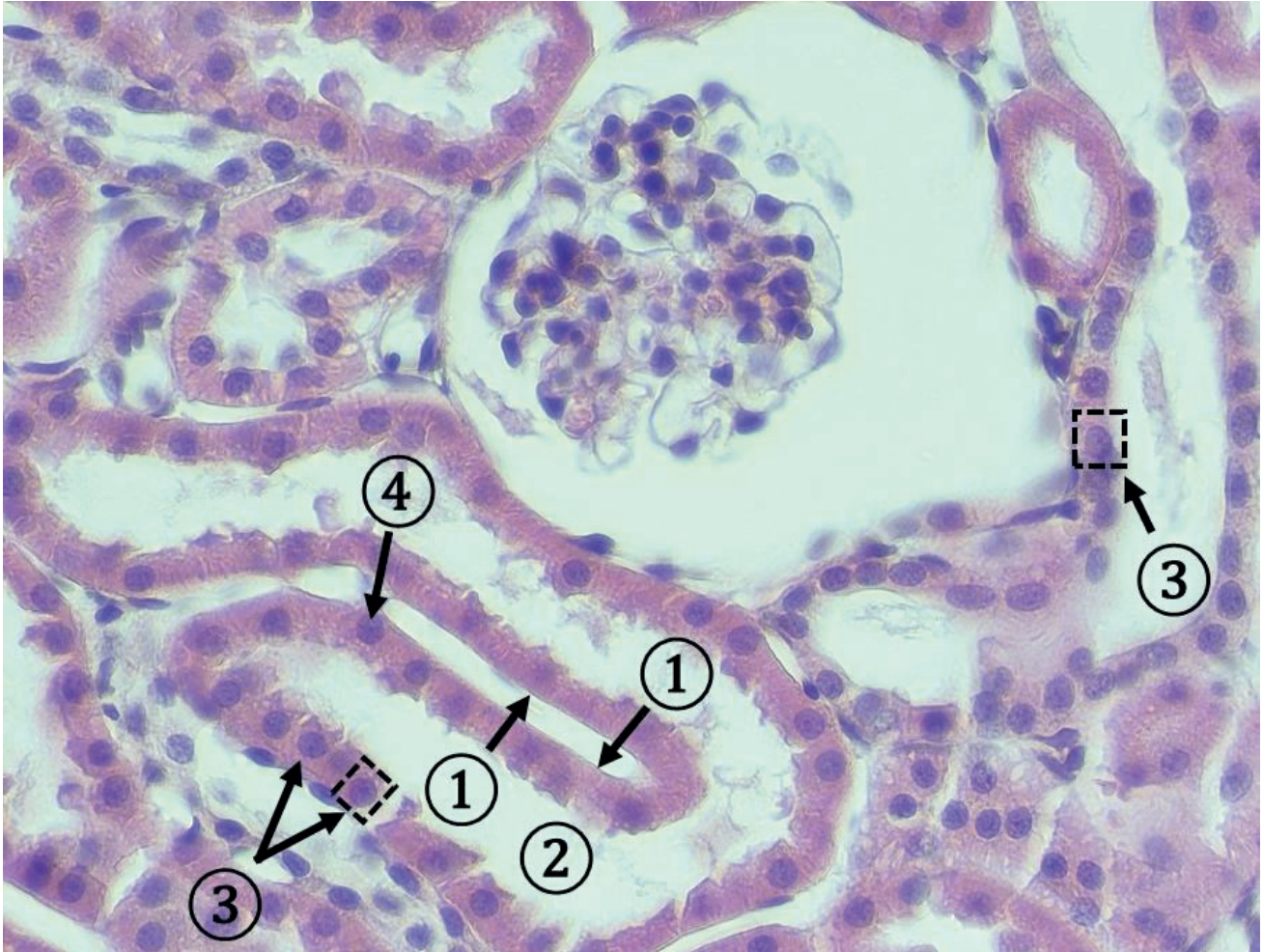


Obr. 3.5 Jednovrstvový plochý epitel Bowmanovho puzdra. 1 – cytoplazma plochej bunky, 2 – ploché jadro. (Ren - obličkové teliesko, farbenie: HE)

Jednovrstvový kubický epitel

Epitel je tvorený jednou vrstvou kubických buniek s centrálne uloženým okrúhlym jadrom. V trojrozmernom priestore majú bunky kubický polygonálny (mnohouholníkový) tvar.

Výskyt: vývody žliaz, folikuly štítnej žľazy, zberný kanálik obličky.

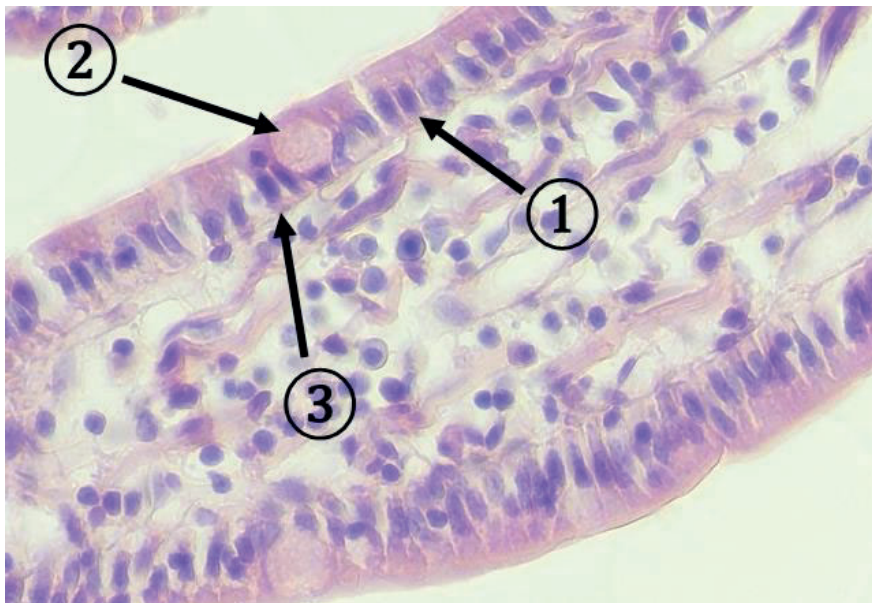


Obr. 3.6 Jednovrstvový kubický epitel. 1 - bazálna membrána, 2 – lumen tubulu, 3 - bunky kubického tvaru, 4 – okrúhle bunkové jadro. (Ren, proximálne tubuly, farbenie: HE)

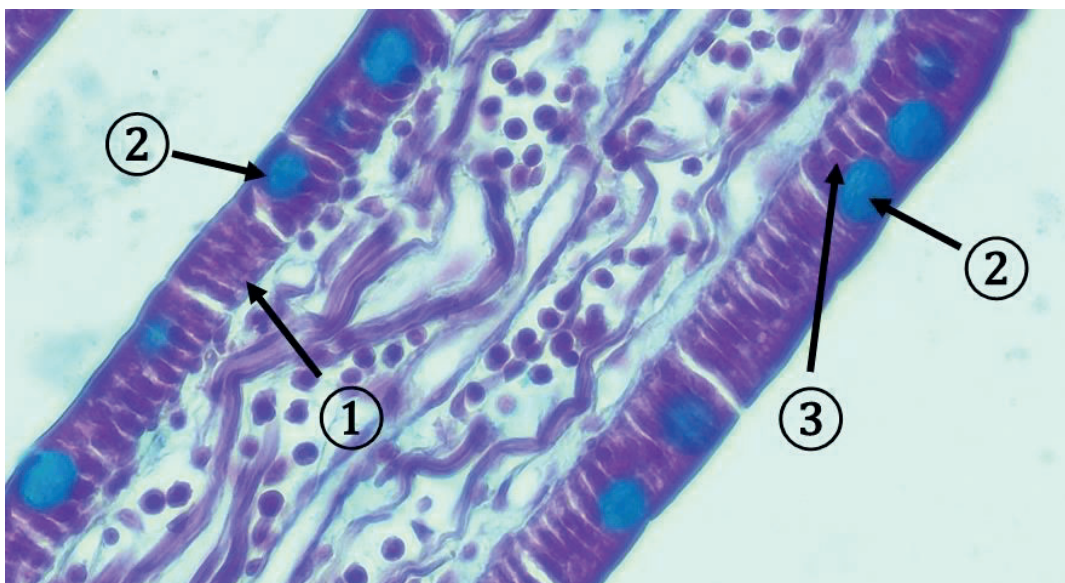
Jednovrstvový cylindrický epitel

Tento epitel pozostáva z jednej vrstvy cylindrických buniek. Bunky majú tvar hranolov a ich výška je väčšia ako ich šírka. Bunkové jadro má oválny tvar a je uložené v bazálnej tretine bunky. **Apikálny povrch buniek** epitelu môže byť **hladký**, alebo môže obsahovať **špecializácie**: pohyblivé **kinocílie** (riasinky), nepohyblivé **stereocílie**, **mikroklky** (kefkovitý lem).

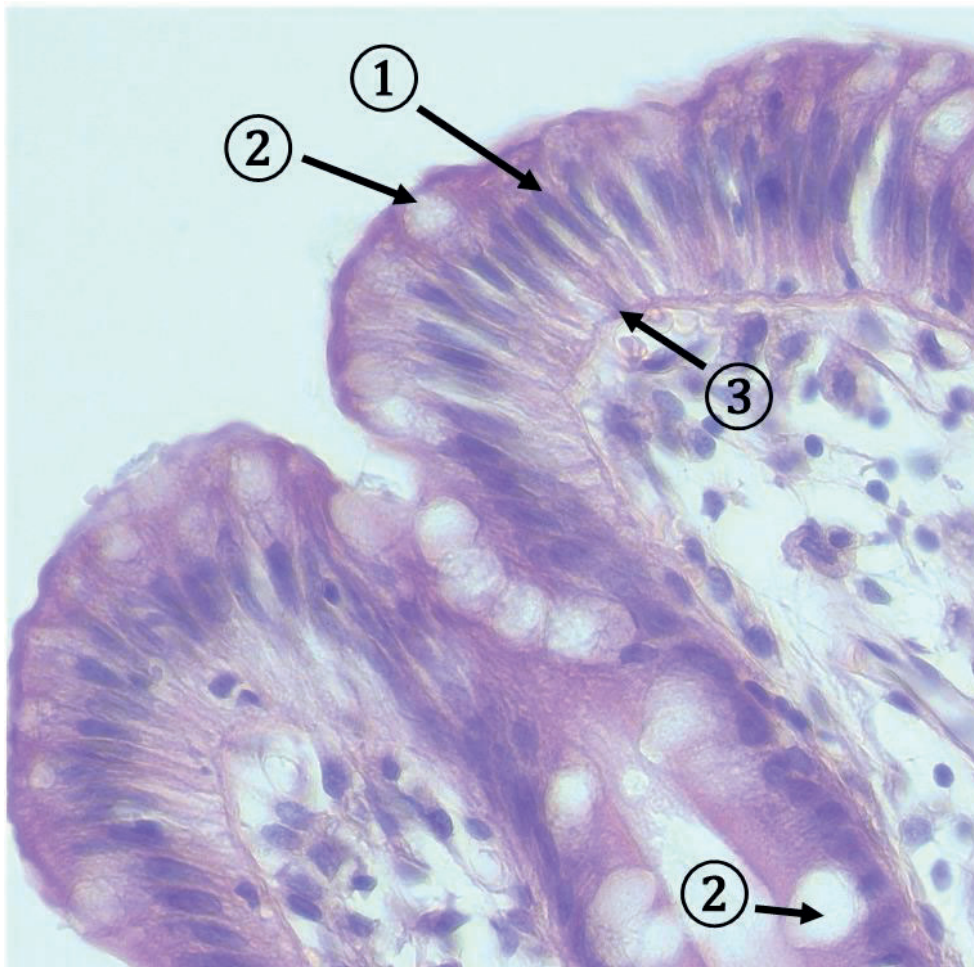
Výskyt: epitel žalúdka (hladký apikálny povrch), tenké a hrubé črevo (apikálny povrch s mikroklkami), vajíčkovid (riasinky).



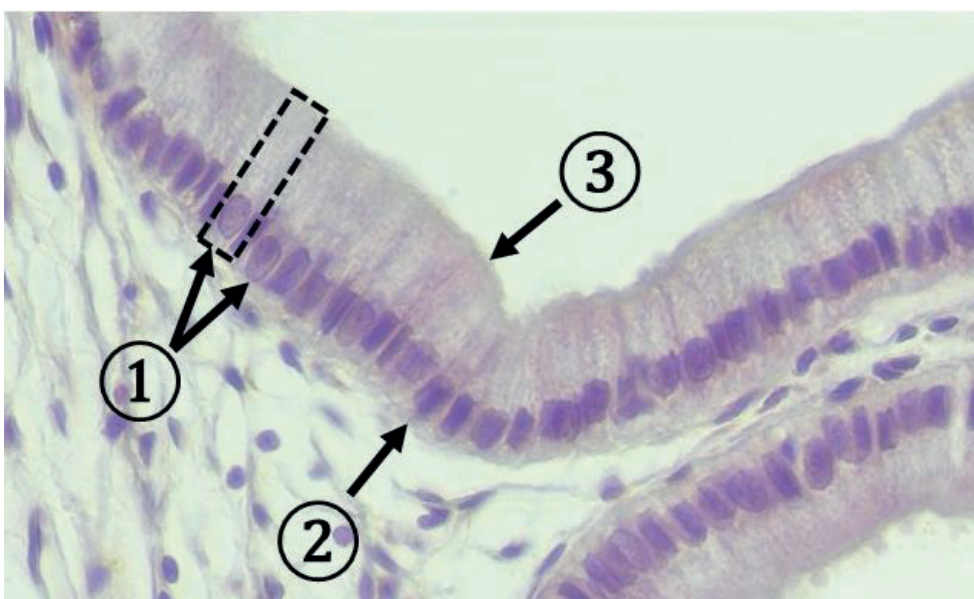
Obr. 3.7 Jednovrstvový cylindrický epitel. 1 - bunky cylindrického tvaru, 2 – pohárikové bunky, 3 – bazálna membrána. (Intestinum tenue, farbenie: HE)



Obr. 3.8 Jednovrstvový cylindrický epitel. 1 - bunky cylindrického tvaru, 2 - cytoplazma pohárikových buniek (modrá), 3 – jadro pohárikovej bunky. (Intestinum tenue, farbenie: Alcianová modrá - dôkaz hlienu)



Obr. 3.9 Jednovrstvový cylindrický epitel. 1 – oválne jadro cylindrickej bunky, 2 – svetlá cytoplazma pohárikovitej bunky, 3 – bazálna membrána. (Intestinum crassum, farbenie: HE)



Obr. 3.10 Jednovrstvový cylindrický epitel. 1 – bunky cylindrického tvaru s oválnym jadrom, 2 – bazálna membrána, 3 – kefkovitý lem. (Vesica fellea, farbenie: HE)



Obr. 3.11 Jednovrstvový cylindrický epitel s kinocíliami. 1 - bunky cylindrického tvaru s oválnym jadrom, 2 – bazálna membrána, 3 – kinocílie na apikálnom povrchu bunky. (Tuba uterina, farbenie: HE)



Obr. 3.12 Jednovrstvový cylindrický epitel – prechod do dvojradového cylindrického epitelu. 1 - bazálna membrána, 2 – bunky cylindrického tvaru s okrúhlym jadrom. (Glandula sublingualis – interlobulárny vývod, farbenie: HE)

3.1.2 Viacradové epitely

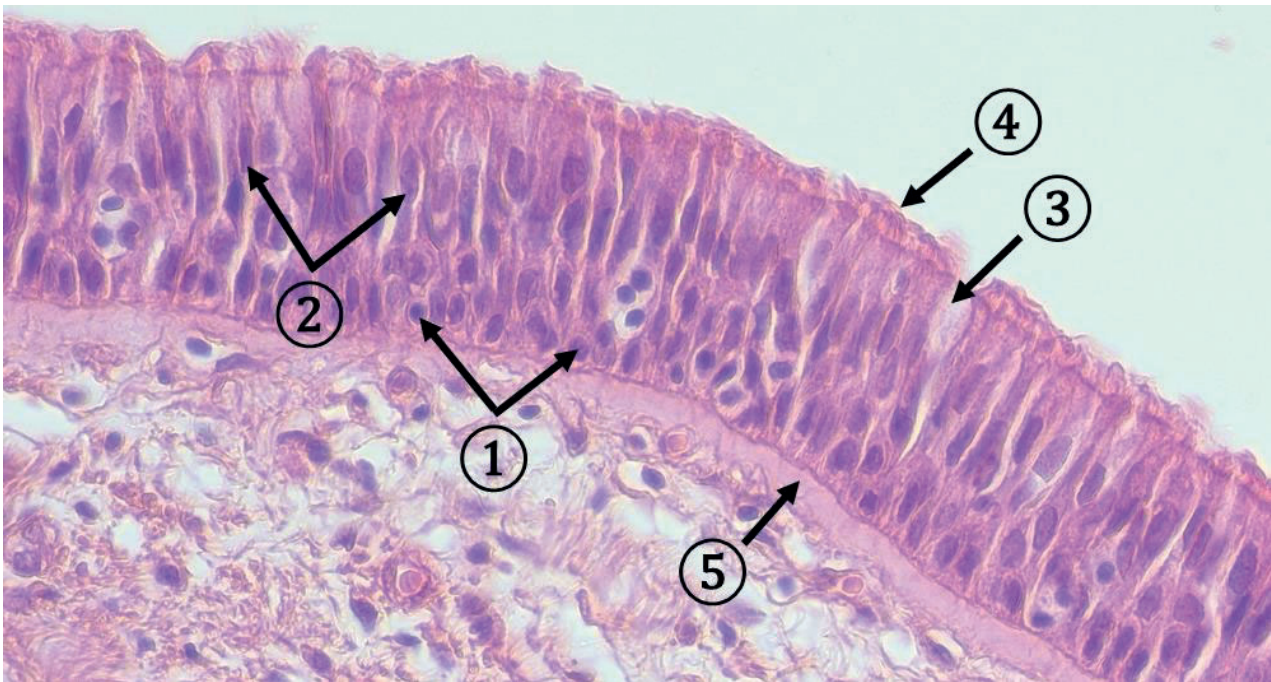
Viacradový epitel je špeciálny typ jednovrstvového epitelu, ktorého všetky bunky nasadajú na bazálnu membránu, ale iba najvyššie bunky dosahujú svojim apikálnym pólom povrch epitelu. Bunky sú väčšinou rôzne vysoké, ich jadrá sú uložené v rôznych výškach – radoch nad sebou. Apikálny povrch buniek často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

Výskyt: **dvojradový cylindrický epitel so stereocíliami** – ductus epididymidis, **viacradový cylindrický epitel s riasinkami** – epitel dýchacích ciest

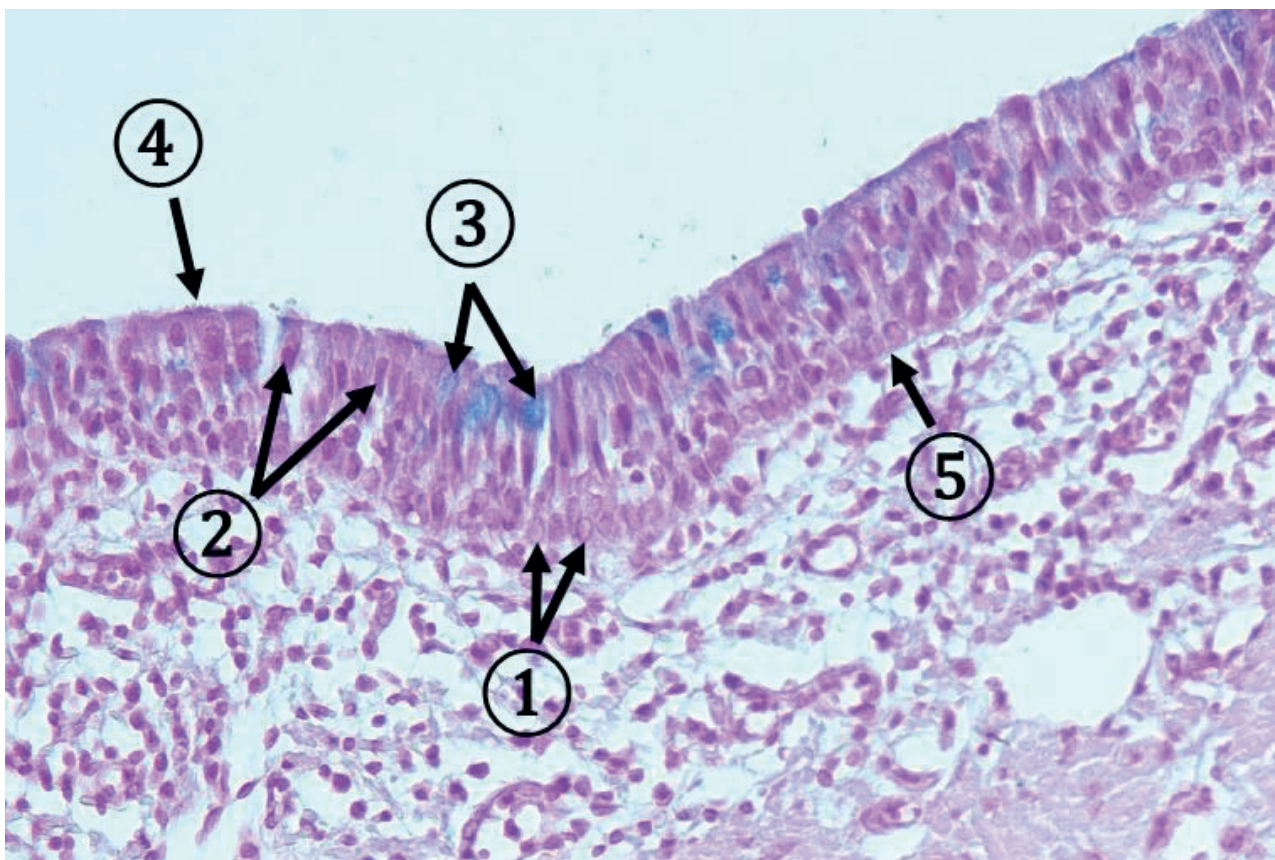
Osobitným typom viacradového epitelu je tzv. **prechodný epitel – urotel**. Je to v podstate nepravý zvrstvený polymorfný epitel vystielajúci vývodné močové cesty – močovody, močový mechúr a časť močovej rúry. Vzhľad epitelu sa mení v závislosti od stupňa napnutia orgánu. Všetky epitelové bunky sú v 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 tvaru, stredne vysoké bunky hruškovitého tvaru a povrchové dáždnikové bunky.



Obr. 3.13 Dvojradový cylindrický epitel so stereocíliami. 1 – okrúhle jadrá bazálnych buniek, 2 – jadrá cylindrických buniek, 3 – apikálna cytoplazma cylindrických buniek, 4 – stereocílie, 5 - bazálna membrána. (Ductus epididymidis, farbenie: HE)



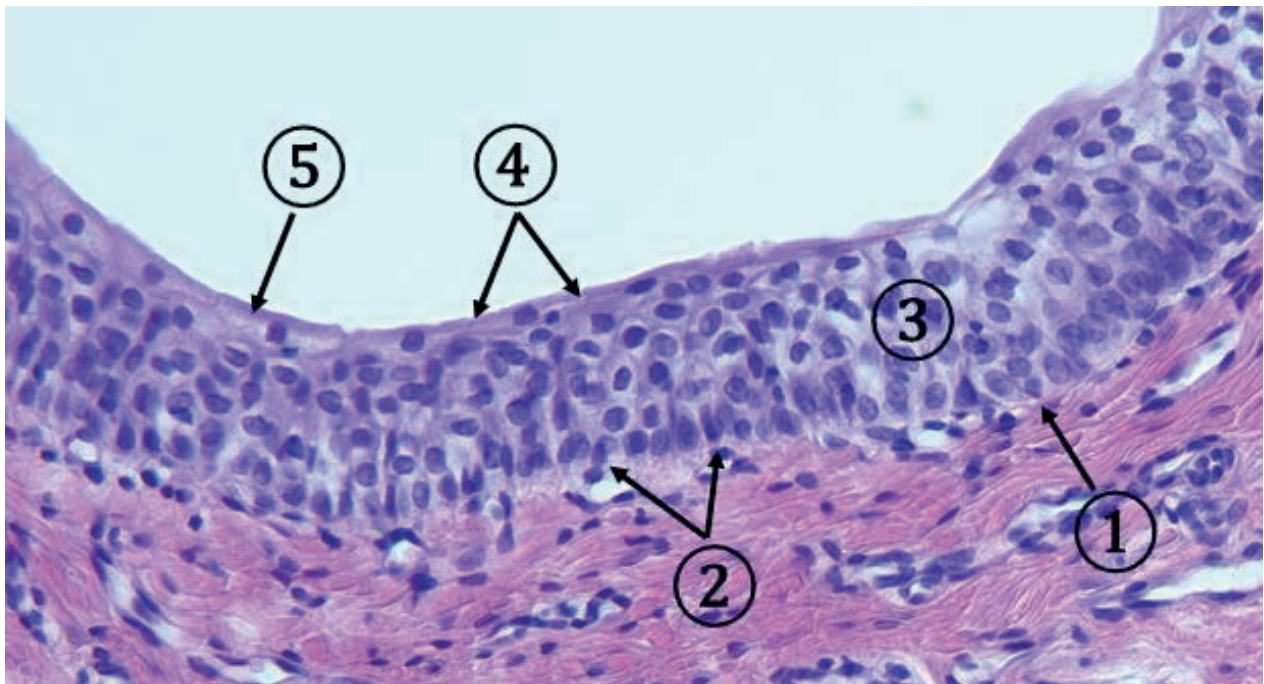
Obr. 3.14 Viacradový cylindrický epitel s riasinkami. 1 – okrúhle jadrá bazálnych buniek, 2 – oválne jadrá cylindrických buniek, 3 - pohárikové bunky, 4 – kinocílie, 5 - hrubá bazálna membrána. (Trachea, farbenie: HE)



Obr. 3.15 Viacradový cylindrický epitel s riasinkami a pohárikovými bunkami. 1 – bazálne bunky, 2 – jadrá cylindrických buniek, 3 – pohárikové bunky, 4 – kinocílie, 5 – bazálna membrána. (Trachea, farbenie: Alcianová modrá)



Obr. 3.16 Prechodný epitel – urotel I. 1 – bazálna membrána, 2 – jadro bazálnej bunky, 3 – bunka hruškovitého tvaru, 4 – jadro dáždnikovej bunky, 5 – kutikula. (Ureter, farbenie: HE)



Obr. 3.17 Prechodný epitel – urotel II. 1 – bazálna membrána, 2 – bazálne bunky, 3 – bunky hruškovitého tvaru, 4 – dáždniková bunka, 5 – kutikula. (Ureter, farbenie: HE)

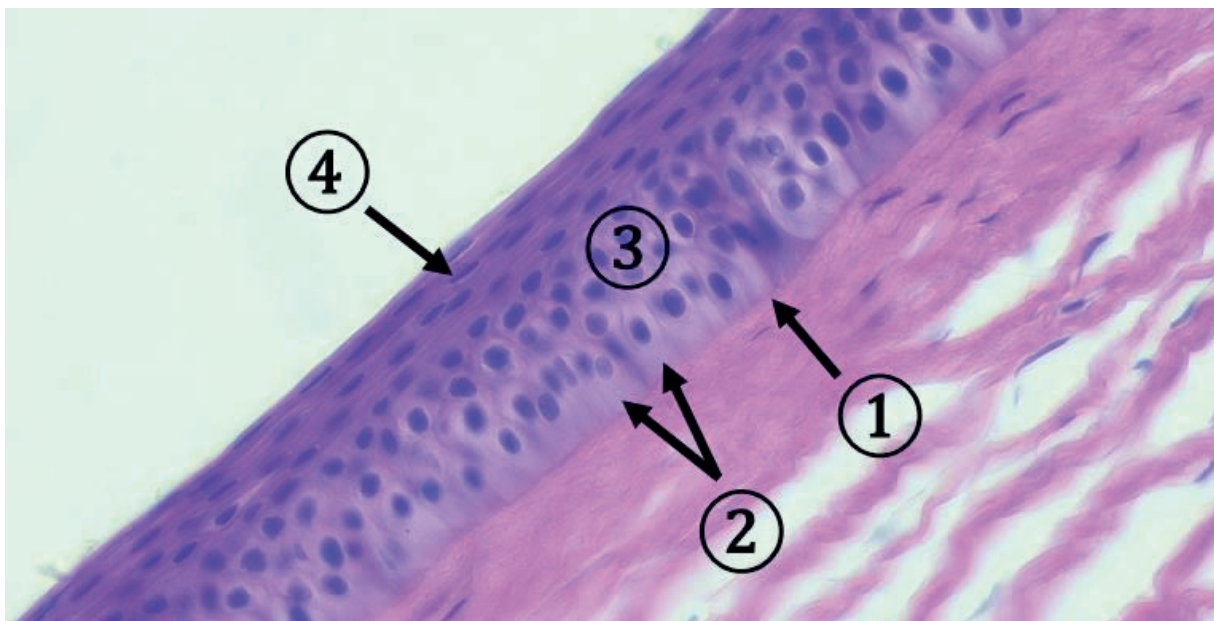
3.1.3 Viacvrstvé epitely

Viacvrstvé epitely sa skladajú z dvoch alebo viacerých vrstiev buniek. Na bazálnu membránu nasadá len jedna vrstva kubických až cylindrických buniek. Bazálne bunky sa aktívne delia, čím prispievajú k regenerácii epitelu. Bunky stredných vrstiev majú polygonálny tvar a smerom na povrch epitelu bunky menia svoj tvar, najčastejšie na ploché polygonálne bunky (viacvrstvé ploché epitely), zriedkavejšie na kubické až cylindrické bunky (viacvrstvý cylindrický epitel). Podľa tvaru a štruktúry povrchových buniek rozdeľujeme viacvrstvé epitely na viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel, viacvrstvý plochý rohovatejúci epitel a viacvrstvý cylindrický epitel. Viacvrstvý kubický epitel sa vyskytuje zriedkavo.

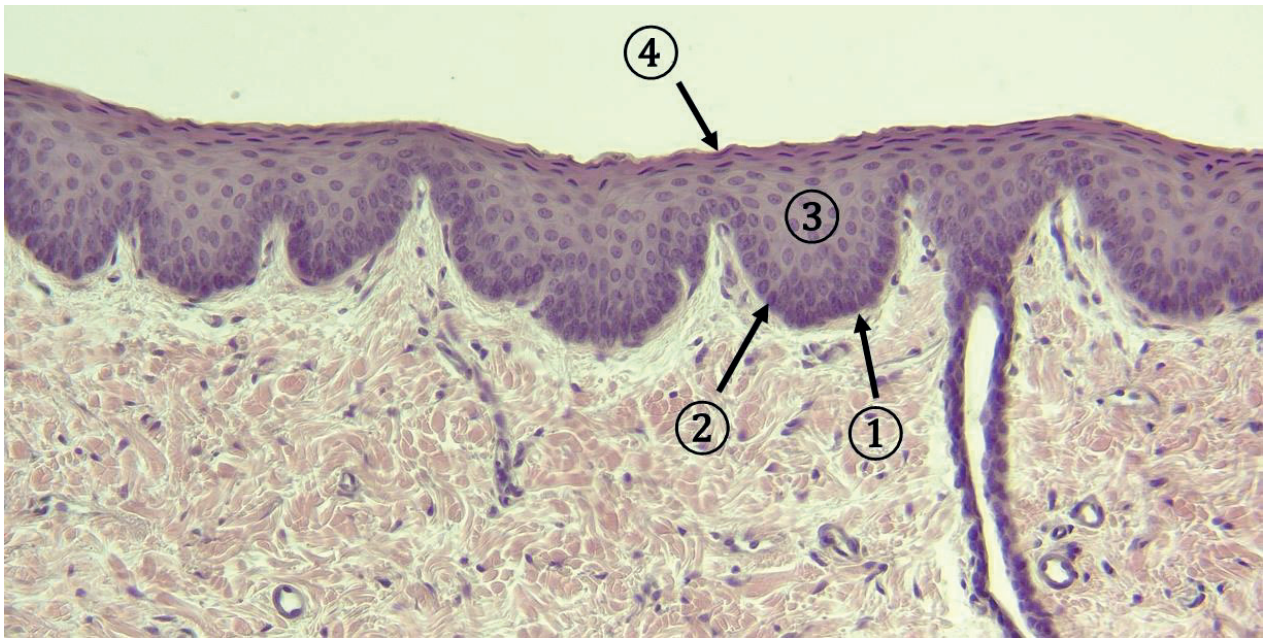
Viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel

Viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel je epitelom sliznicového typu, vystiela dutiny a orgány ktoré sú mechanicky namáhané napr. ústna dutina, pažerák. Na bazálnu membránu nasadá vrstva kubických až cylindrických buniek - *stratum basale cylindricum*, v tejto vrstve prebiehajú mitózy buniek, zabezpečujúce regeneráciu epitelu. Stredná vrstva sa skladá z niekoľkých vrstiev buniek polygonálneho tvaru s okrúhlymi jadrami - *stratum spinosum*. Smerom k povrchu sa bunky oplošťujú a menia sa na ploché polygonálne bunky s plochými jadrami - *stratum superficiale*.

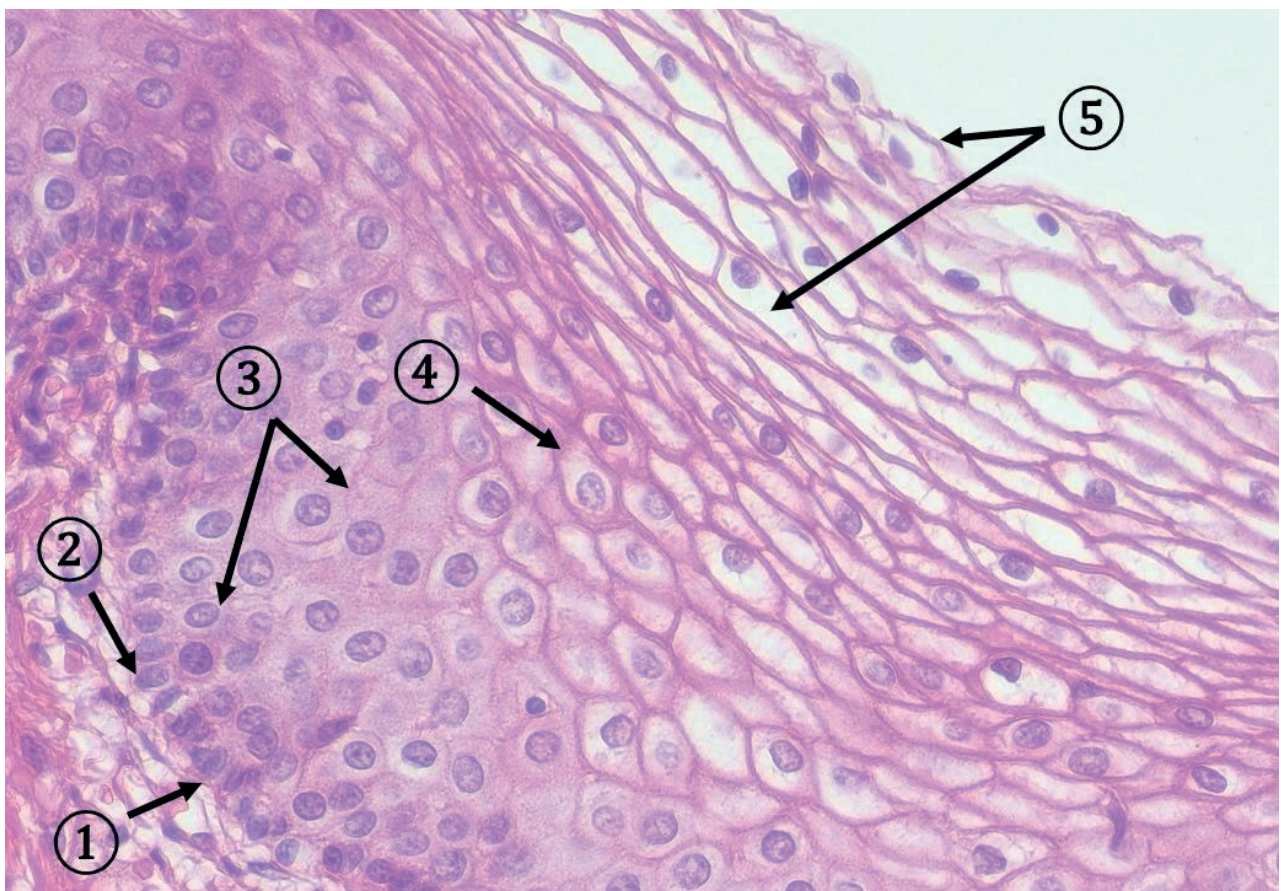
Výskyt: sliznica dutiny ústnej, pažerák, distálna časť konečníka, pošva, rohovka - predný rohovkový epitel.



Obr. 3.18 Viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel. 1 – bazálna membrána, 2 – stratum basale, vrstva bazálnych buniek cylindrického tvaru, 3 – stratum spinosum, bunky polygonálneho tvaru, 4 – stratum superficiale, ploché bunky. (Cornea - predný rohovkový epitel, farbenie: HE)



Obr. 3.19 Viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel. 1 – bazálna membrána, 2 – stratum basale, vrstva bazálnych buniek cylindrického tvaru, 3 – stratum spinosum, vrstva buniek polygonálneho tvaru, 4 – stratum superficiale, povrchové ploché bunky. (Oesophagus, farbenie: HE)



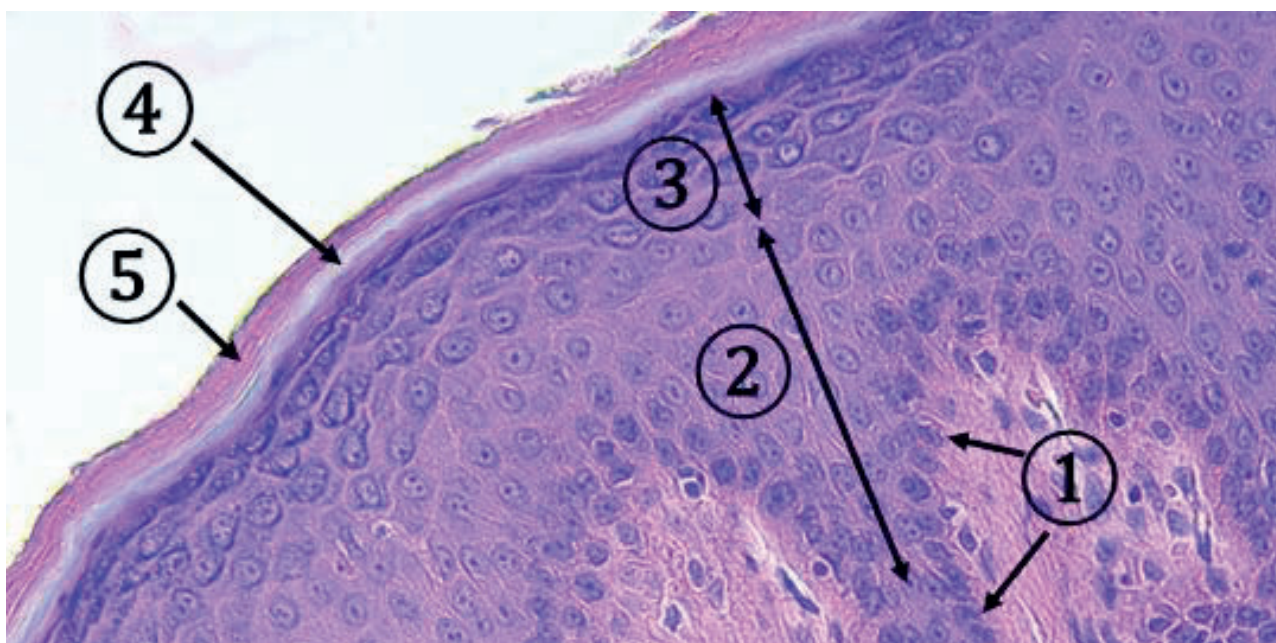
Obr. 3.20 Viacvrstvý plochý nerohovatejúci epitel. 1 – bazálna membrána, 2 – stratum basale cylindricum, vrstva bazálnych buniek cylindrického tvaru, 3 – stratum parabasale, bunky polygonálneho tvaru, 4 – stratum intermedium, vrstva buniek polygonálneho tvaru, 5 – stratum superficiale, povrchové dlaždicovité bunky. (Vagina, farbenie: HE)

Viacvrstvomý plochý (dlaždícovitý) rohovatejúci epitel

Viacvrstvomý plochý rohovatejúci epitel sa nachádza na povrchu kože, kde tvorí vrstvu – pokožku (epidermis). Podľa hrúbky epidermis rozlišujeme dva typy kože: tenký typ kože, ktorý pokrýva prevažnú časť tela a hrubý typ kože, ktorý je bez chlupov a nachádza sa na *planta pedis et palma manus*. Povrchové vrstvy buniek podliehajú keratinizácii – zrohovateniu a postupnému odlupovaniu v podobe šupín. Bunky sú kontinuálne nahrádzané mitotickým delením buniek z bazálnej časti epitelu – *stratum germinativum*. Epitel pokožky delíme na päť vrstiev:

1. *stratum basale (cylindricum)* – tvorí 1 vrstva cylindrických buniek, mitoticky aktívnych, pevne pripojených k bazálnej membráne pomocou hemidezmozómov;
2. *stratum spinosum* – tvorí niekoľko vrstiev buniek polygonálneho tvaru s trníkovými výbežkami, vzájomne spojenými dezmozómami;
3. *stratum granulosum* – tvorí 1 až 5 vrstiev plochých polygonálnych buniek, v ktorých sa hromadí keratohyalín v podobe bazofilných granúl.
4. *stratum lucidum* – je tenká vrstva odumretých buniek bez jadier s prítomnosťou eozinofilného proteínu eleidínu, táto vrstva je prítomná v hrubom type kože;
5. *stratum corneum* – je povrchová zrohovatená vrstva pokožky, obsahuje pevne pospájané, odumreté keratinizované bunky bez jadier a organel. V povrchových vrstvách bunky strácajú medzibunkové spojenia a odlupujú sa (*stratum disjunctum*).

V tenkom type pokožky *stratum granulosum* vytvára 1 až 3 vrstvy plochých bazofilných buniek a *stratum lucidum* je nezreteľná, na rozdiel od hrubého typu kože, kde je táto vrstva výrazne hrubá.

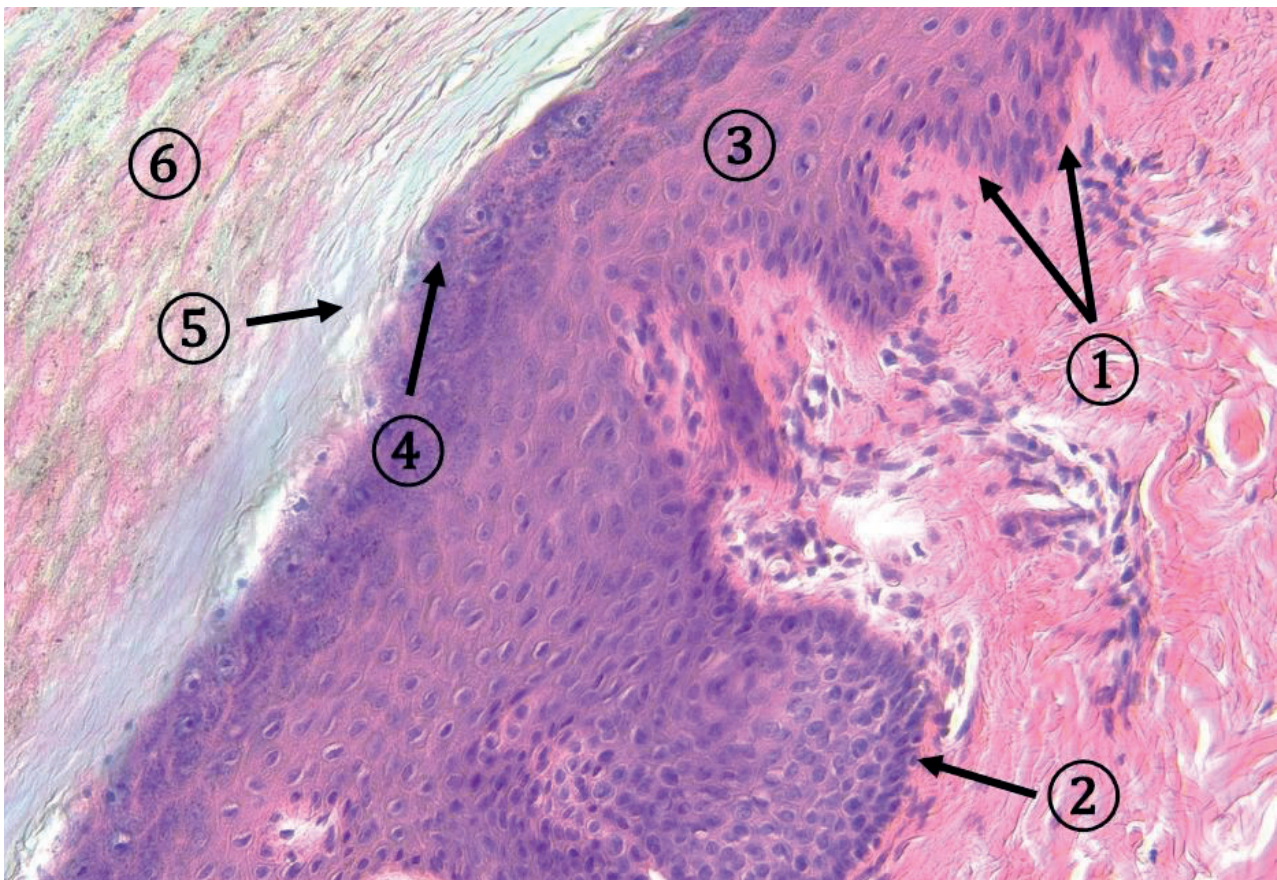


Obr. 2.21 Epidermis. 1 - *stratum basale*, 2 - *stratum spinosum*, 3 – *stratum granulosum*, 4 – *stratum lucidum*, 5 – *stratum corneum*. (Labium oris – pars cutanea, farbenie: HE)



Obr. 3.22 Viacvrstvový plochý rohovatejúci epitel – tenký typ kože.

1 - bazálna membrána, 2 - stratum basale, jadrá bazálnych buniek, 3 – stratum spinosum, bunky polygonálneho tvaru, 4 – stratum granulosum, ploché polygonálne bunky, 5 – stratum corneum, odlupujúce sa ploché keratinizované bunky bez jadra. (Cutis, farbenie: HE)



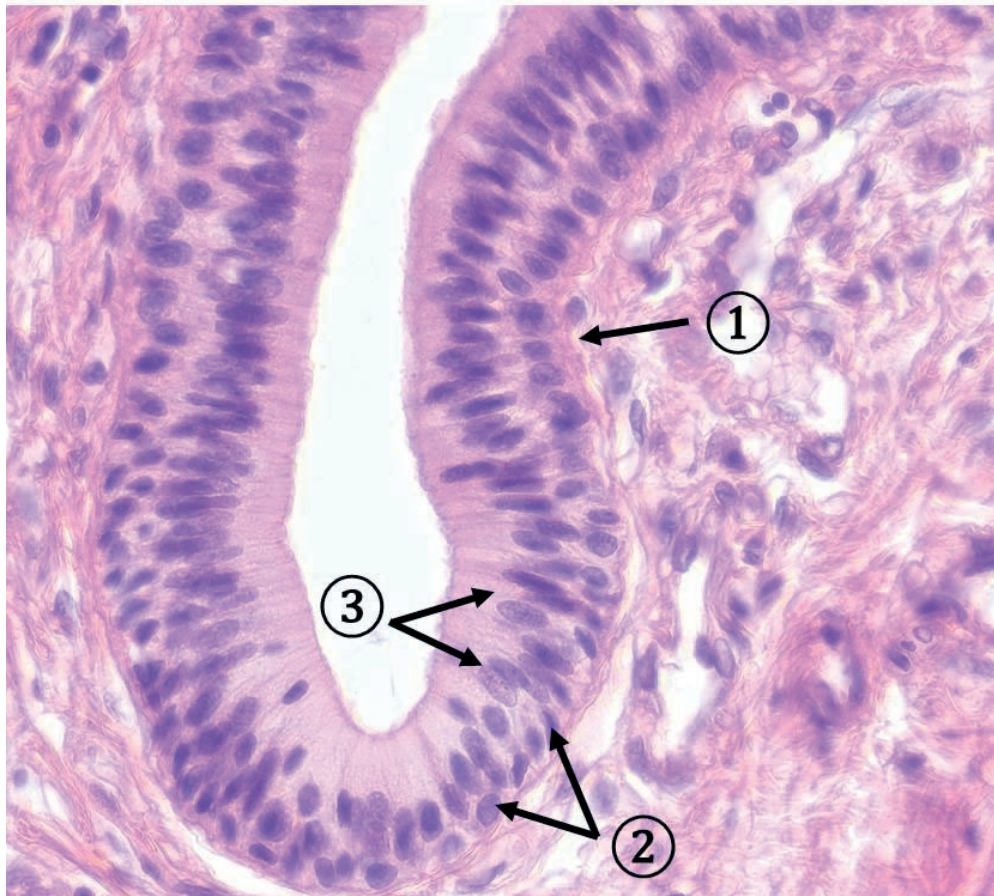
Obr. 3.23 Viacvrstvový plochý rohovatejúci epitel – hrubý typ kože.

1 - bazálna membrána, 2 – stratum basale, bunky kubického až cylindrického tvaru, 3 - stratum spinosum, bunky polygonálneho tvaru, 4 – stratum granulosum, ploché polygonálne bunky, 5 – stratum lucidum, ploché bunky bez jadra, 6 – stratum corneum, ploché keratinizované bunky bez jadra. (Cutis, farbenie: HE)

Viacvrstvý cylindrický epitel

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: vývody veľkých slinných žliaz, klenba spojovkového vaku.



Obr. 3.24 Viacvrstvý cylindrický epitel vo vývode slinnej žľazy. 1 – bazálna membrána, 2 – jadrá bazálnych buniek, 3 – jadrá a cytoplazma cylindrických buniek. (Glandula sublingualis, farbenie: HE)

Literatúra

BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.

KAPPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.

KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.

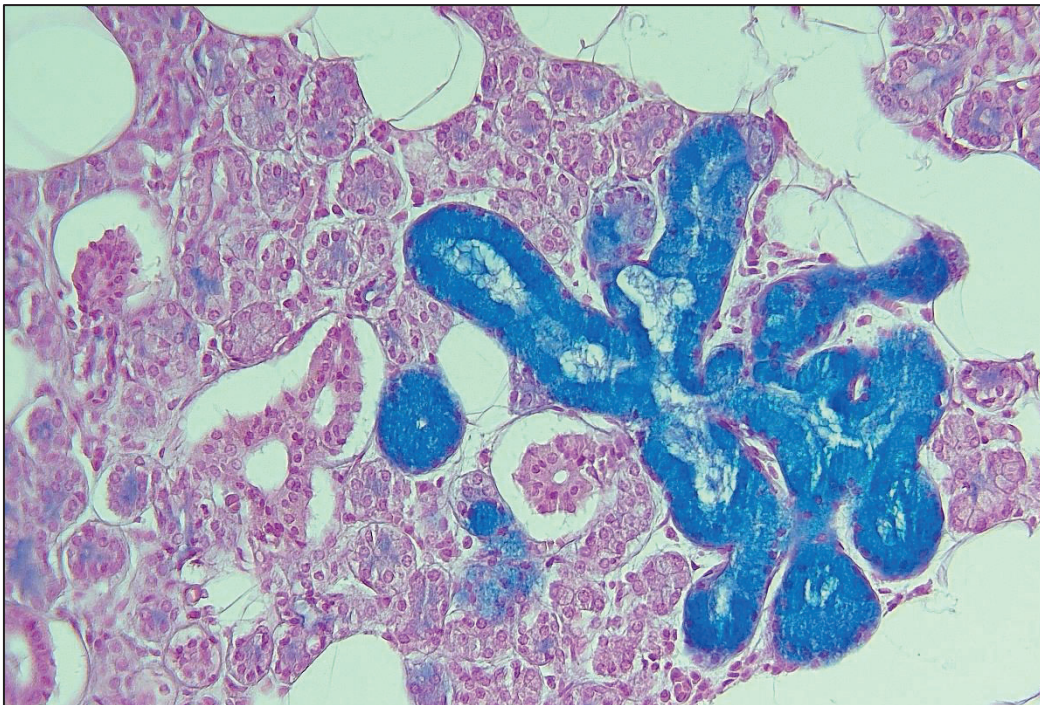
LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.

PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.

VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

4 EPITELOVÉ TKANIVO II

RNDr. Kristína Čurgali, PhD.



4.1 Žľazové epitely

4.1.1 Exokrinné žľazy

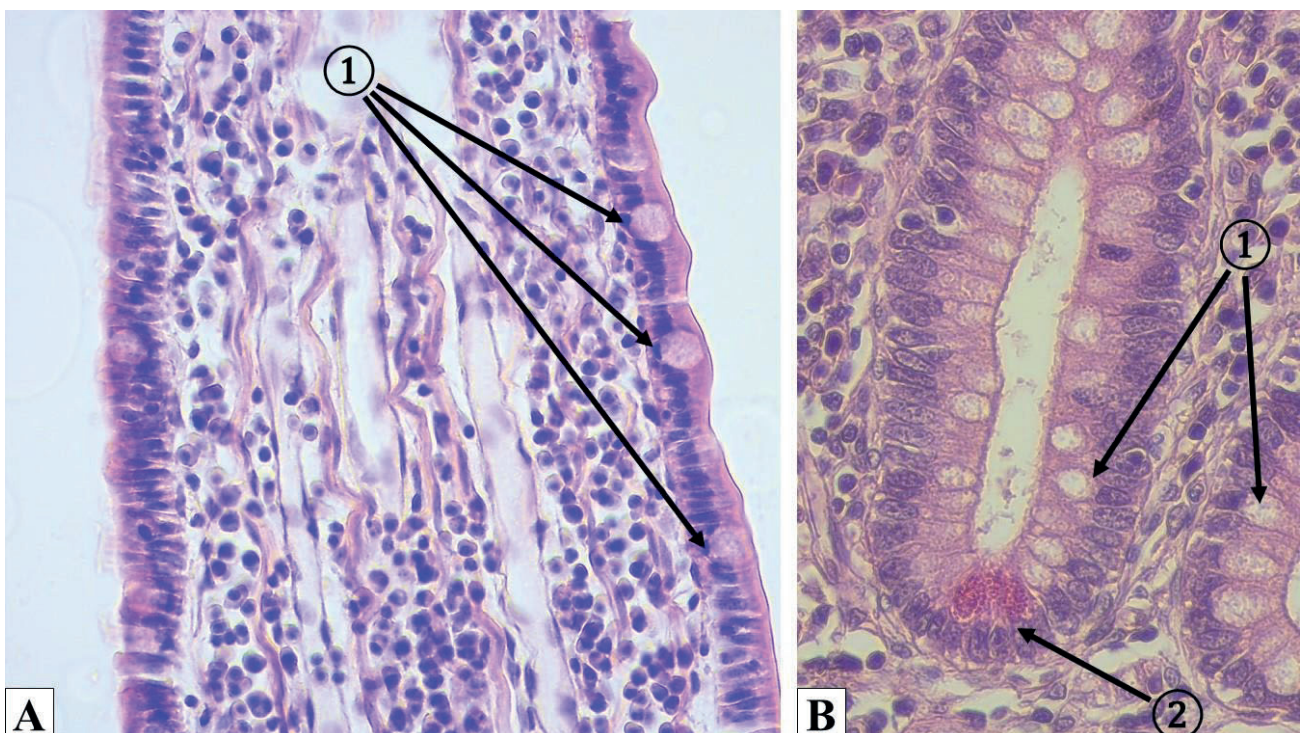
4.1.2 Endokrinné žľazy

4 EPITELOVÉ TKANIVO II

Epitelové tkanivo sa delí na krycie a žľazové epitely. Bunky žliaz sa vyznačujú schopnosťou syntézy špecifického sekrétu a jeho vylučovaním. Sekrét exokrinných žliaz sa vylučuje prostredníctvom vývodov na povrch tela alebo do dutín orgánov. Sekrét endokrinných žliaz (hormóny) sa vylučuje do krvných kapilár. Ak bunky vylučujú sekrét do blízkeho okolia v tkanive, je to parakrinný spôsob vylučovania.

4.1 Žľazové epitely

Žľazový epitel (*epithelium glandulare*) je tvorený bunkami schopnými produkovať a vylučovať látky pre export. Bunky žľazového epitelu syntetizujú, skladujú a vylučujú molekuly sacharidovej, lipidovej alebo proteínovej povahy, vodu a ióny. Žľazové bunky sú veľmi často súčasťou krycieho epitelu, napr. pohárikové bunky produkujúce hlien bývajú roztrúsené medzi krycími epitelovými bunkami tenkého čreva alebo sú súčasťou respiračného epitelu v dýchacích cestách. Ak sú bunky žľazového epitelu uložené jednotlivo, nazývame ich **jednobunkovými žľazami**. **Mnohobunkové žľazy** sú zložené z viac ako jednej bunky. Podľa prítomnosti alebo absencie vývodov ich delíme na **exokrinné** a **endokrinné žľazy**. Pre exokrinné žľazy je charakteristické, že sú zložené zo sekrečnej časti, zodpovednej za syntézu produktov a zo systému vývodov, ktoré transportujú sekrét.



Obr. 4.1 Jednobunkové exokrinné žľazy: A. 1 – exokrinné pohárikové bunky v jednovrstvovom cylindrickom epiteli (Jejunum, farbenie HE). B. 1 – exokrinné pohárikové bunky v stene Lieberkühnových krýpt. 2 – exokrinné Panethove bunky na dne Lieberkühnovej krypty. (Appendix vermiformis, farbenie HE)

4.1.1 Exokrinné žľazy

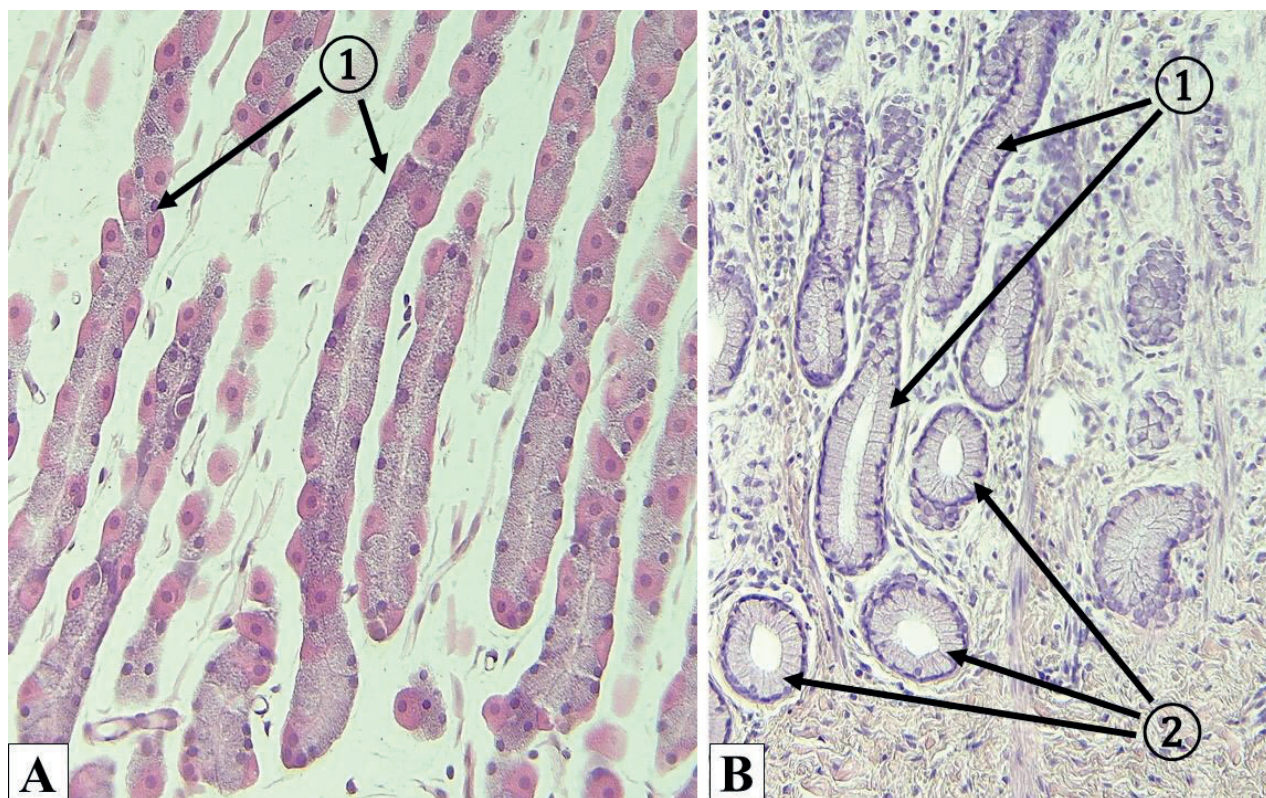
Epitelové bunky majú schopnosť intenzívnej proliferácie. Následnou diferenciáciou buniek krycieho epitelu a ich prerastaním do okolitého väziva vznikajú samostatné orgány – žľazy. Pokiaľ skupinky takýchto buniek ostanú spojené s povrchovým krycím epitelom, z ktorého vznikli, a z ktorého sa neskôr diferencuje systém vývodov, nazývame ich **exokrinnými žľazami** (*glandulae exocrinae*).

Exokrinné žľazy **podľa tvaru vývodov** delíme na:

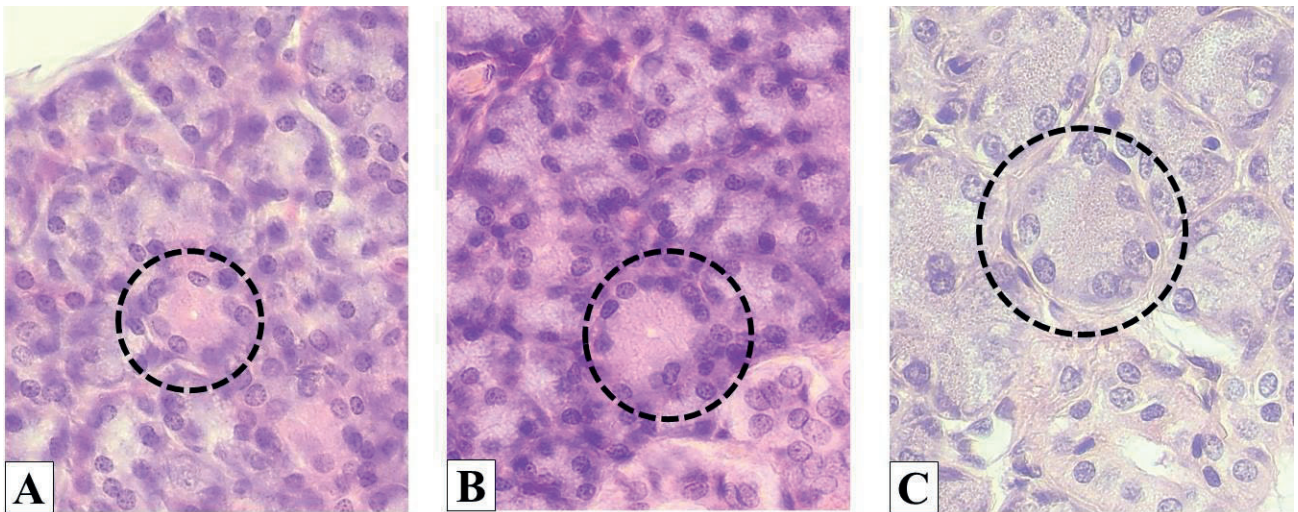
1. jednoduché – má jeden priamy vývod
2. rozvetvené – vývody sa vetvia

Podľa tvaru sekrečnej časti delíme exokrinné žľazy na:

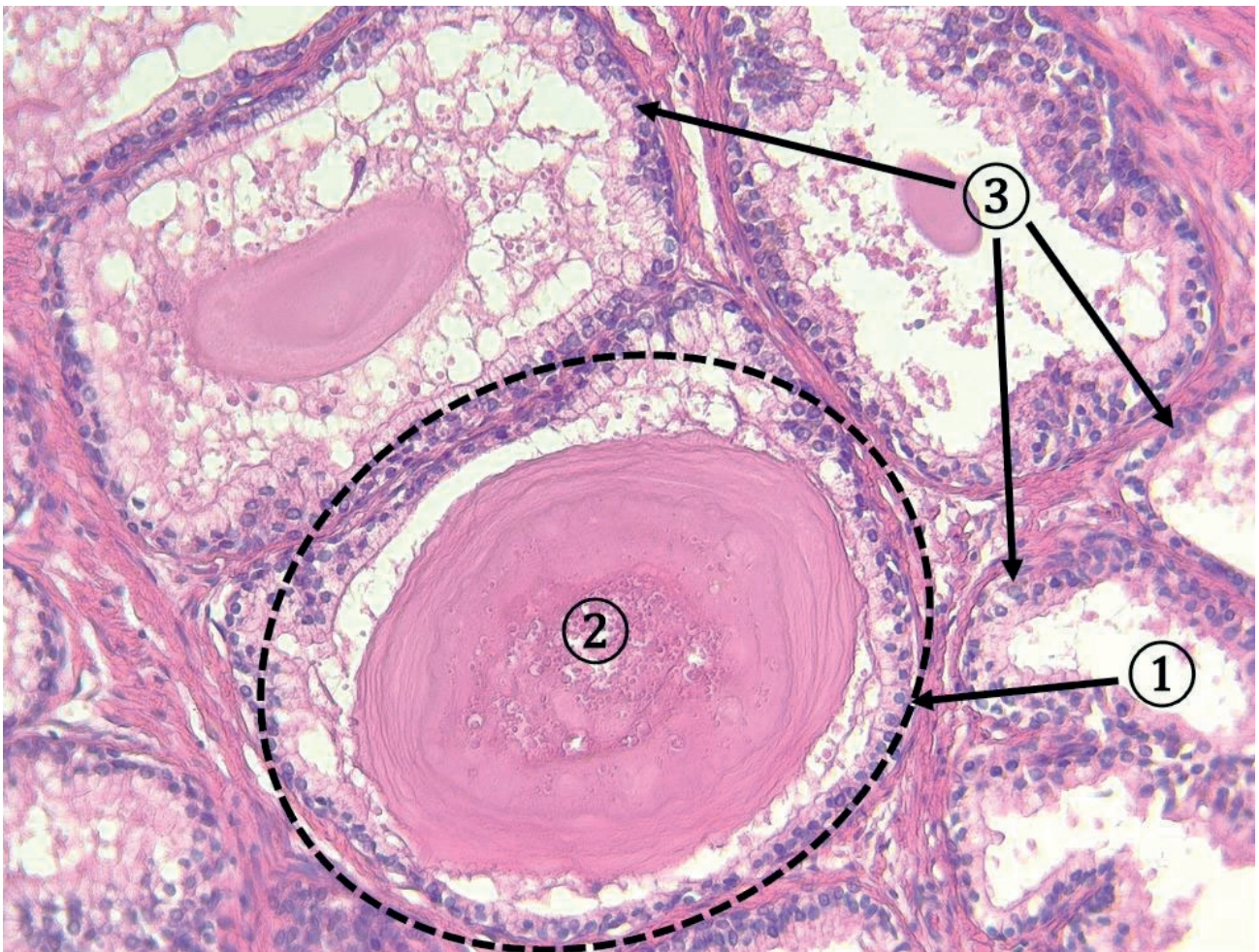
- 1) **tubulózne** - sekrečný oddiel má tvar rúrky alebo trubice (*tubulus*). Tubulus môže byť priamy (žľazky žalúdka - *glandulae gastricae propriae*), stočený (merokrinná potná žľaza v koži) alebo rozvetvený (žľazky vrátnika – *glandulae pyloricae*);
- 2) **acinózne** – sekrečný oddiel je okrúhleho prípadne oválneho tvaru s úzkym lumenom (*acinus*). Acinózna žľaza je napríklad príušná slinná žľaza (*glandula parotidea*), exokrinná časť podžalúdkovej žľazy (*pars exocrina pancreatis*);
- 3) **alveolárne** - sekrečný oddiel je oválny, má tvar vaku, lúmen je široký, dilatovaný (*alveolus*). Alveoly sú prítomné v prostate a v mliečnej žľaze.



Obr. 4.2 Tubulózne žľazy. A. 1- pozdĺžny prierez žľazového tubulu. (Gaster-fundus, *glandulae gastricae propriae*); B. 1- pozdĺžny prierez žľazových tubulov, 2 – priečný rez žľazových tubulov. (Gaster-pylorus, *glandulae pyloricae*, farbenie: HE)



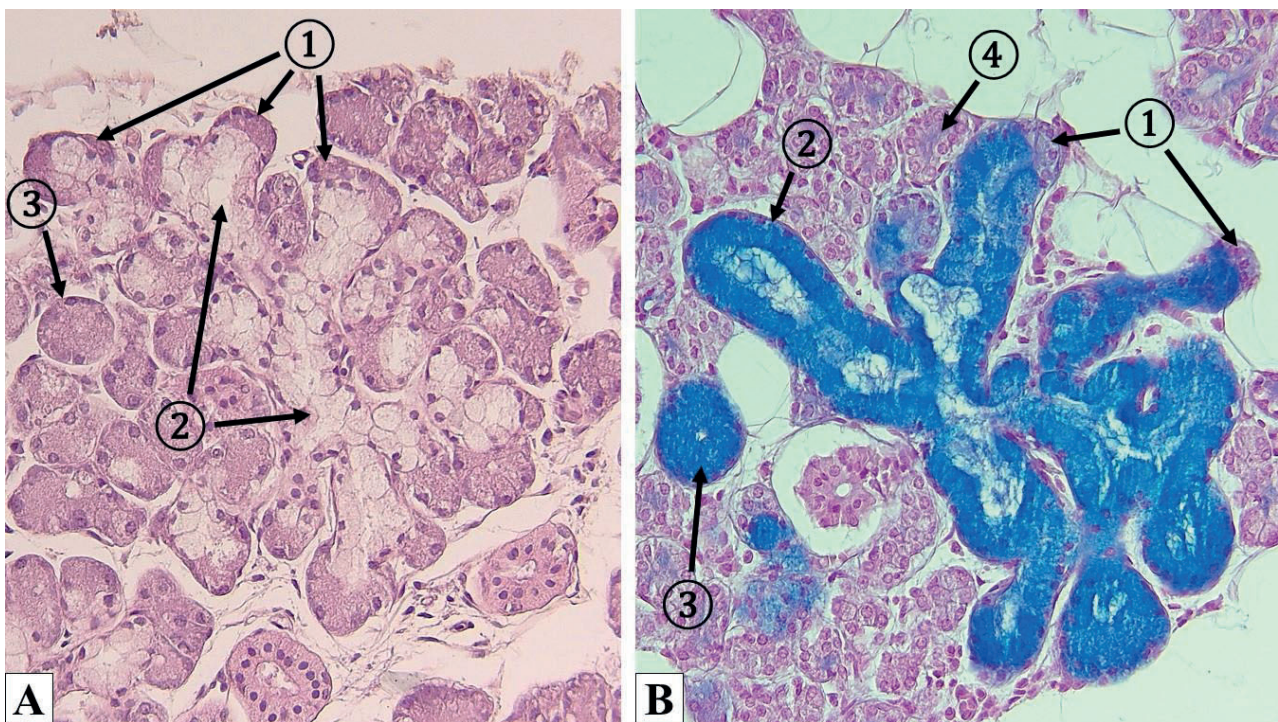
Obr. 4.3 Acinózne žľazy. A. Serózny acinus. (Pancreas, farbenie HE); B. Serózny acinus. (Glandula parotidea, farbenie: HE); C. Serózny acinus. (Glandula submandibularis, farbenie: HE)



Obr. 4.4 Rozvetvená tubuloalveolárna žľaza. 1 – alveolus, 2 – prostatický konkrement v lúmene, 3 – bunky žľazového epitelu kubického až cylindrického tvaru. (Prostata, farbenie: HE)

Zložené exokrinné žľazy sú často tvorené kombináciou tubulov, acinov alebo alveolov, ktoré sú spojené so systémom rozvetvených vývodov. Podľa tvaru sekrečnej časti rozlišujeme:

- 1) **zložené tubulózne žľazy** tvorené niekoľkými vetviacimi sa tubulmi, napr. mucinózne tubuly slinných žliaz, Brunnerove žliazky v dvanástniku;
- 2) **zložené alveolárne/acinózne žľazy** zložené z acinov alebo alveolov, ktoré komunikujú s vetviacim sa systémom vývodov, napr. exokrinná časť podžalúdkovej žľazy (*pars exocrina pancreatis*), príušná slinná žľaza (*glandula parotidea*);
- 3) **zložené tubuloalveolárne** majú sekrečnú časť zloženú z tubulózneho úseku, na ktorý nasadajú vakovito rozšírené alveoly, napr. v mliečnej žľaze v laktácii (*glandula mammaria lactans*, v predstojnici (*prostata*);
- 4) **zložené tubuloacinózne žľazy** zložené z mucinózných tubulov a serózných acinov, napr. v podjazykovej žľaze (*glandula sublingualis*), v podčeľustnej žľaze (*glandula submandibularis*).



Obr. 4.5 Zmiešaná tubuloacinózna žľaza. A. 1 – Gianuzziho lunuly, polkruhové sekrečné oddiely nadväzujúce na tubuly, 2 – mucinózny tubulus na pozdĺžnom reze, 3 – acinus. (Glandula submandibularis, farbenie: HE); B. 1 – Gianuzziho lunuly, polkruhové sekrečné oddiely nadväzujúce na tubuly, 2 – tubulus pozdĺžny rez, 3 – tubulus priečny rez, 4 – acinus. (Glandula submandibularis, farbenie: Alcianová modrá na znázornenie hlienu v sekrečných bunkách tubulov - modré sfarbenie)

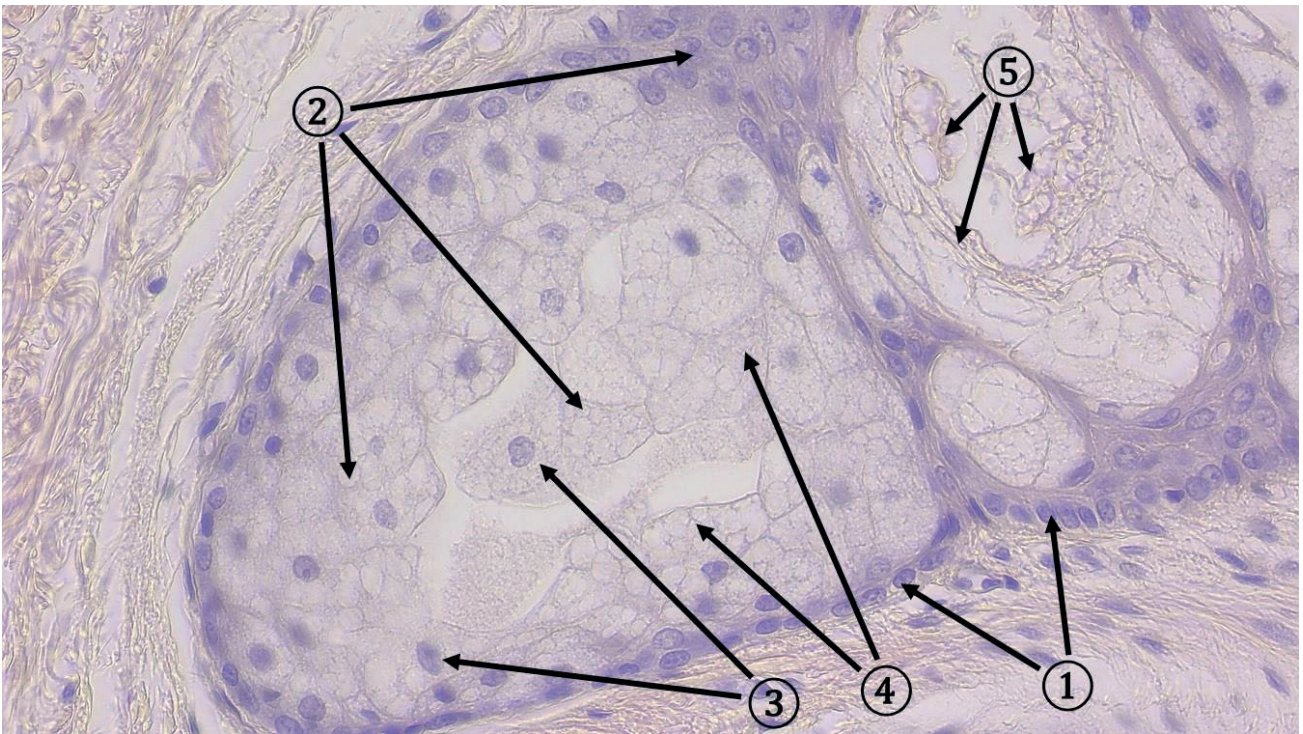
Epitelové bunky sekrečných oddielov ako aj epitelové bunky vystielajúce vývody nasadajú na bazálnu membránu. Okolo sekrečného oddielu a počiatočných častí vývodov sa nachádzajú špecializované bunky s obsahom kontraktilných a cytokeratínových elementov v cytoplazme – **myoepitelové bunky**. Svojou kontrakčnou schopnosťou napomáhajú k posunu sekrétu do lúmenu sekrečného oddielu a následne do začiatkových úsekov systému vývodov.

Sekrét z buniek exokrinných žliaz sa vylučuje tromi rôznymi spôsobmi:

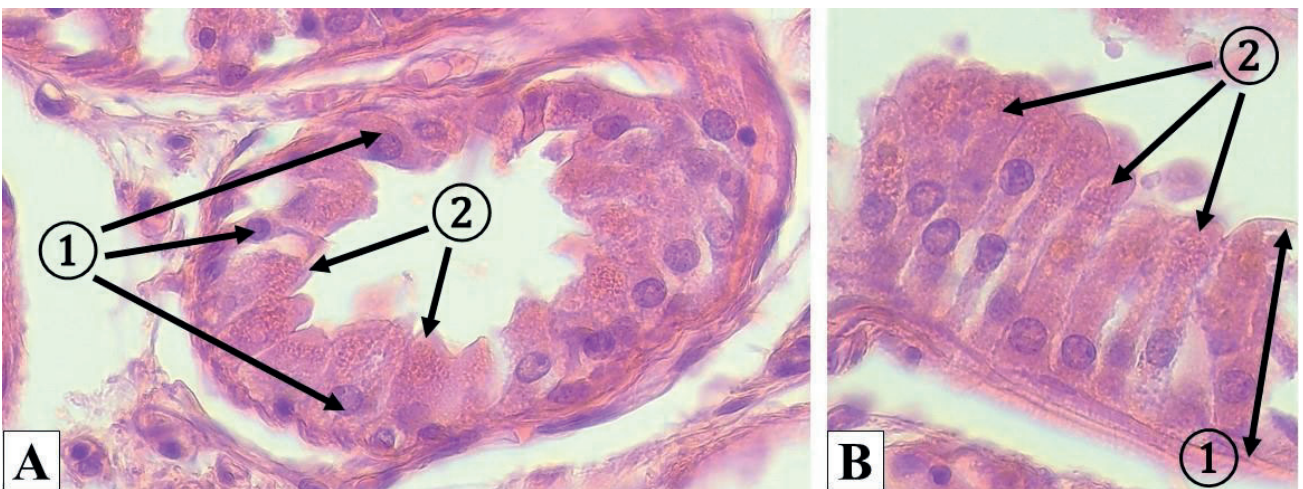
1) Merokrinná sekrécia: menšie molekuly, zväčša proteínovej povahy sú vylučované z apikálneho bunkového pólu exocytózou. Pri exocytóze nedochádza k zmene tvaru ani veľkosti buniek. Tento spôsob sekrécie je typickým pre väčšinu exokrinných žliaz.

2) Apokrinná sekrécia: z apikálnej časti bunkového povrchu je sekrét vylučovaný spolu s apikálnou časťou cytoplazmy. Pri vylučovaní sekrétu dochádza k zmenšeniu bunky.

3) Holokrinná sekrécia: cytoplazma bunky sa naplní sekrétom, bunkové organely zaniknú a pri vylúčení sekrétu dochádza k rozpadu celej žľazovej bunky. Bunka podlieha apoptóze a stáva sa súčasťou sekrétu – mazu. Tento spôsob vylučovania je typickým pre mazovú žľazu v koži.



Obr. 4.6 Zložená alveolárna žľaza s holokrinným typom sekrécie. 1 – bazálna vrstva buniek nasadajúca na bazálnu membránu, 2 - viacvrstvový žľazový epitel, 3 – jadrá žľazových buniek, 4 – sekrečné granuly v cytoplazme žľazových buniek, 5 – rozpadnuté bunky po holokrinnej sekrécii. (Cutis – mazová žľaza, farbenie: HE)

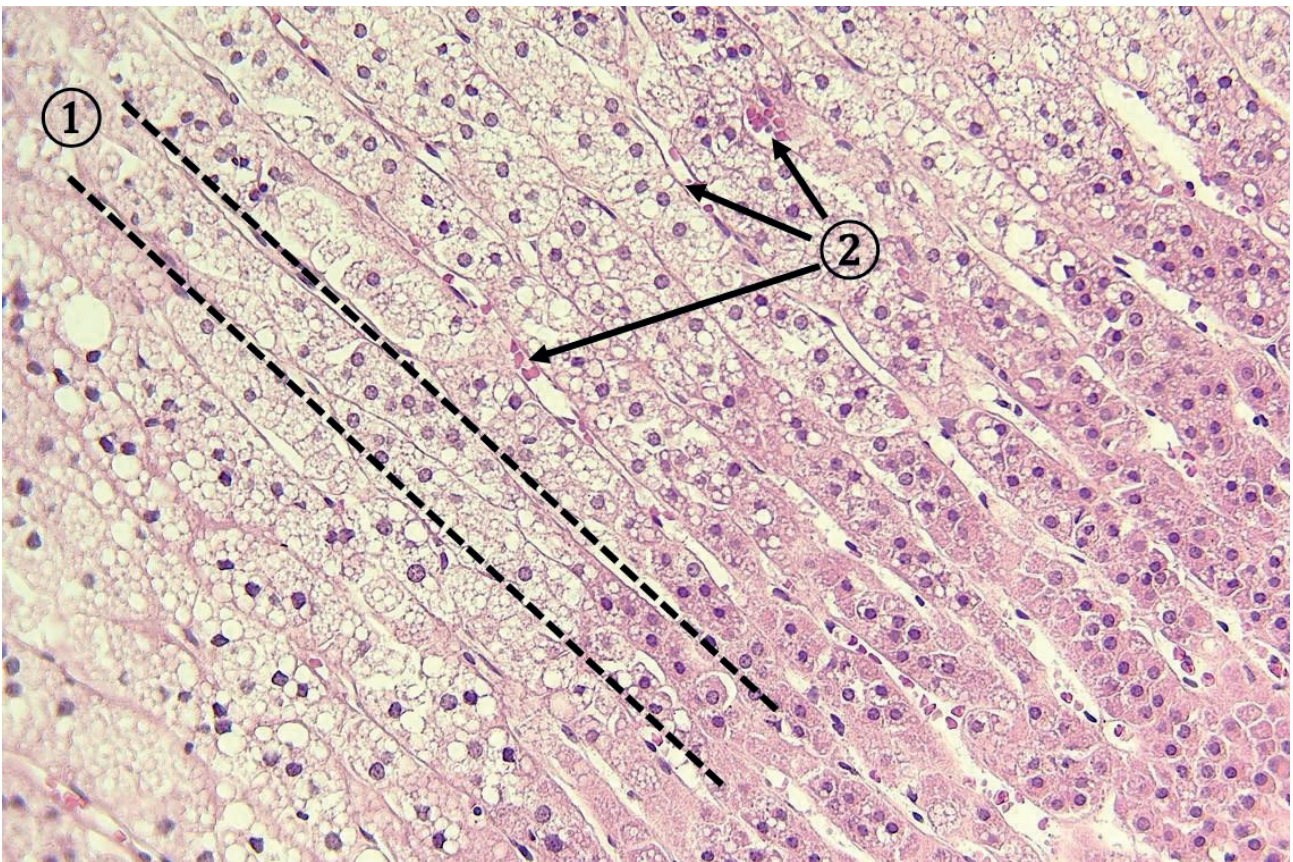


Obr. 4.7 Rozvetvená tubulózna žľaza s apokrinným typom sekrécie. **A.** Priečny prierez tubulom. 1 – oválne jadrá buniek, 2 – apikálna časť buniek s obsahom sekrečných granúl; **B.** Detail apokrinnej sekrécie. 1 - jednovrstvový cylindrický žľazový epitel, 2 – sekrečné granuly v apikálnej časti buniek. (Cutis – aromatická potná žľaza, farebenie: HE)

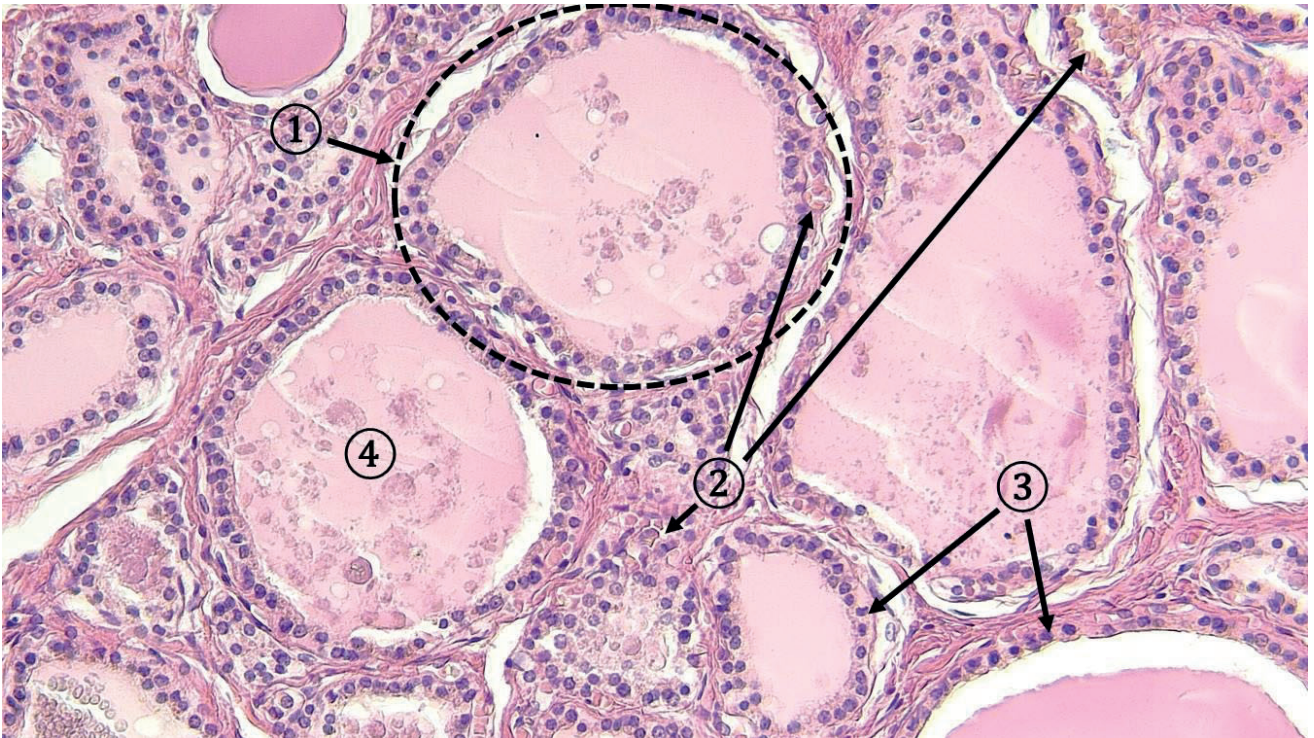
4.1.2 Endokrinné žľazy

Endokrinné žľazy nemajú vyvinutý systém vývodov. Žľazové bunky vylučujú svoj produkt (hormón) cez stenu krvných kapilár do krvnej cirkulácie, ktorou sú hormóny následne transportované k cieľovým bunkám alebo orgánom. Z morfológického hľadiska rozlišujeme tri základné typy endokrinných žliaz:

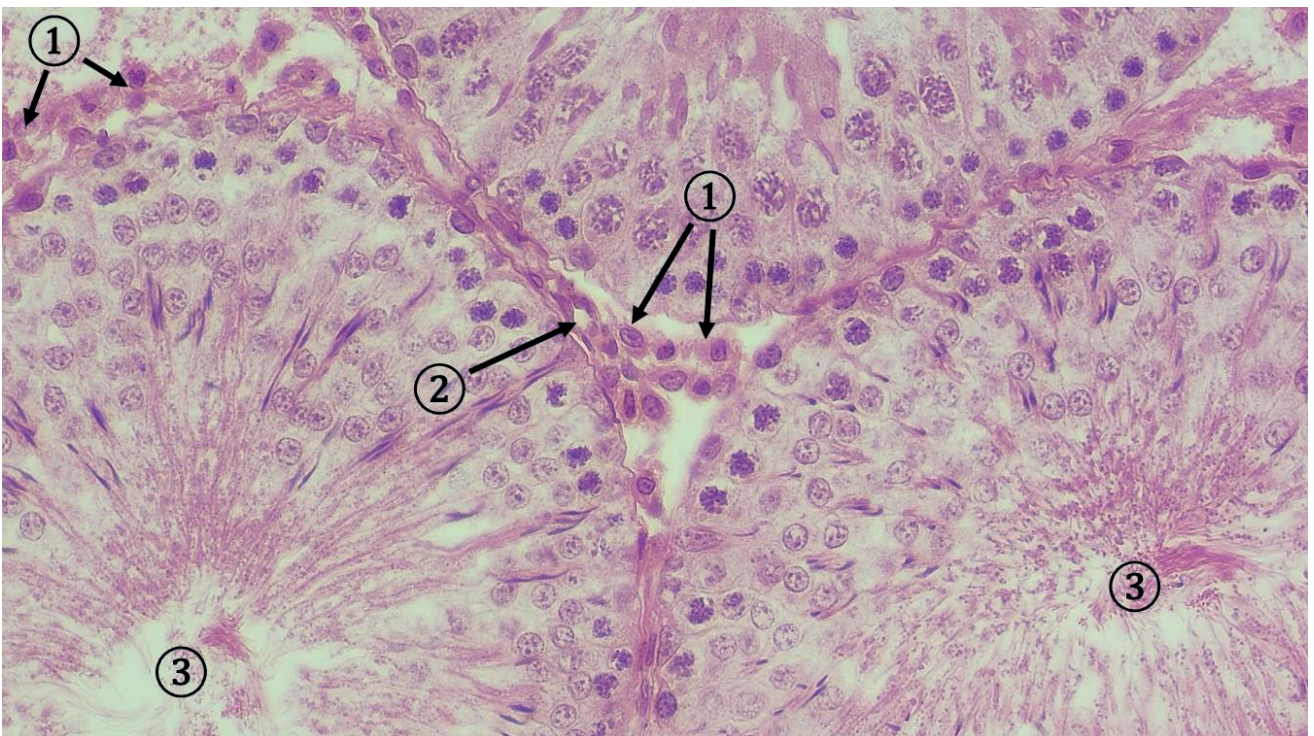
- 1) **trabekulárny (trámcový) typ** endokrinnnej žľazy - sekrčné bunky endokrinných žliaz môžu byť usporiadané do paralelných alebo sieťovito usporiadaných trámcov, obklopených bohatou kapilárnou sieťou, napr. v nadobličke (*glandula suprarenalis*), v adenohipofýze (*adenohypophysis*);
- 2) **folikulárny typ** endokrinnnej žľazy – sekrčné bunky vytvárajú vačky – folikuly, vyplnené koloidom. Folikuly sú vystlané jednovrstvovým kubickým až cylindrickým epitelom. Okolo folikulov je vytvorená bohatá sieť krvných kapilár, do ktorých sú vylučované hormóny. Typickým príkladom je štítna žľaza (*glandula thyroidea*);
- 3) **Diseminovaný (roztrúsený) typ** – sekrčné bunky sú uložené jednotlivo alebo v skupinkách, napr. Leydigove bunky v intersticiálnom väzive semeníkov (*testes*).



Obr. 4.8 Trabekulárny typ endokrinnnej žľazy. 1 – trámce endokrinných buniek, 2 – sieť krvných kapilár. (Glandula suprarenalis, farbenie: HE)



Obr. 4.9 Folikulárny typ endokrinnnej žľazy. 1 – sférický folikul vyplnený koloidom, 2 – krvné kapiláry, 3 – jednovrstvový žľazový kubický epitel vystielajúci lúmen folikulu, 4 – koloid – sekret v lúmene folikulu. (Glandula thyroidea, farbenie: HE)



Obr. 4.10 Diseminované endokrinné bunky. 1 – Leydigove bunky v interstíciu, 2 – krvná kapilára v interstíciu, 3 – lúmen semenotvorných kanálikov. (Testis, farbenie: HE)

Literatúra

BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.

KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.

LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.

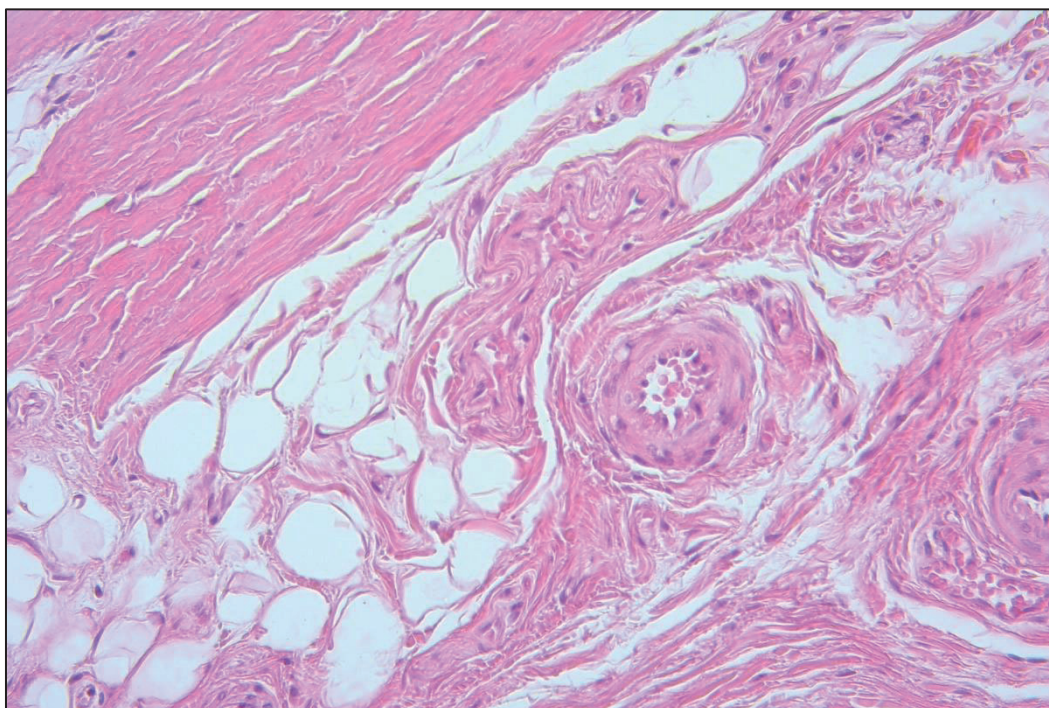
MESCHER, A., L. *Junqueira's Basic Histology, Text and Atlas*, 14th edition. McGraw-Hill Education, 2016.

PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.

VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

5 VÄZIVOVÉ TKANIVO

doc. MVDr. Iveta Domoráková, PhD.



5. Spojivé tkanivo – úvod, väzivové tkanivo

5.1 Morfológia a funkcia fixných buniek väziva

5.2 Voľné bunky, blúdivé bunky väziva

5.3 Mezenchýmové bunky

5.4 Typy väzív

5.4.1 Mezenchýmové väzivo

5.4.2 Rôsolovité väzivo

5.4.3 Kolagénové väzivo

5.4.4 Retikulárne väzivo

5.4.5 Elastické väzivo

5.4.6 Tukové väzivo

SPOJIVOVÉ A PODPORNÉ TKANIVO – úvod

Spojivové tkanivá pochádzajú zo zárodočnej vrstvy mezodermy, z ktorej sa diferencuje embryonálne väzivo - mezenchým. Spojivové tkanivá: väzivové, chrupkové a kostné tkanivo sa vyvíjajú z mezenchýmu.

Spoločným štrukturálnym znakom týchto tkanív sú **bunky a veľa medzibunkovej hmoty tvorenej vláknitou a amorfnou hmotou**. Vlákna sa delia na kolagénové, retikulárne a elastické. Amorfná hmota má rôsolovitý charakter, skladá sa z:

1. **glykozaminoglykánov** (GAG; kyslé mukopolysacharidy) - *chondroitín sulfát, keratan sulfát, dermatan sulfát, heparan sulfát a kyselina hyalurónová,*
2. **proteoglykánov** - obsahujú GAG naviazané na lineárne proteíny,
3. **štrukturálnych (adhezívnych) glykoproteínov** (globulárne proteíny s polysacharidovým reťazcom), podľa typu spojivového tkaniva sem patria: *fibronektín* vo väzive, *chondronektín* v chrupke, *osteonektín* v kosti,
4. **vody a iónov**

Funkciou spojivového tkaniva je vytvárať pevnú oporu tela (kostné tkanivo), oporu v stene orgánov (chrupka), spájanie jednotlivých tkanív a orgánov (väzivo).

5 VÄZIVOVÉ TKANIVO

Väzivo je spojivové tkanivo, ktoré sa nachádza v slizniciach pod epitelom, v dermis kože, v periodontálnych ligamentách, na povrchu niektorých orgánov, kde vytvára väzivové puzdro, alebo navzájom spája tkanivá a niektoré orgány.

Základnú štruktúru väziva tvoria:

1. bunky:

- a) **fixné** - fibroblasty, fibrocyty, retikulárne bunky, tukové bunky, pigmentové bunky (melanocyty), nediferencované mezenchýmové bunky
- b) **voľné** - makrofágy (histiocyty), plazmatické bunky, mastocyty, leukocyty prestupujúce cez stenu krvných kapilár do väziva.

2. medzibunková hmota (extracelulárny matrix), ktorú tvorí:

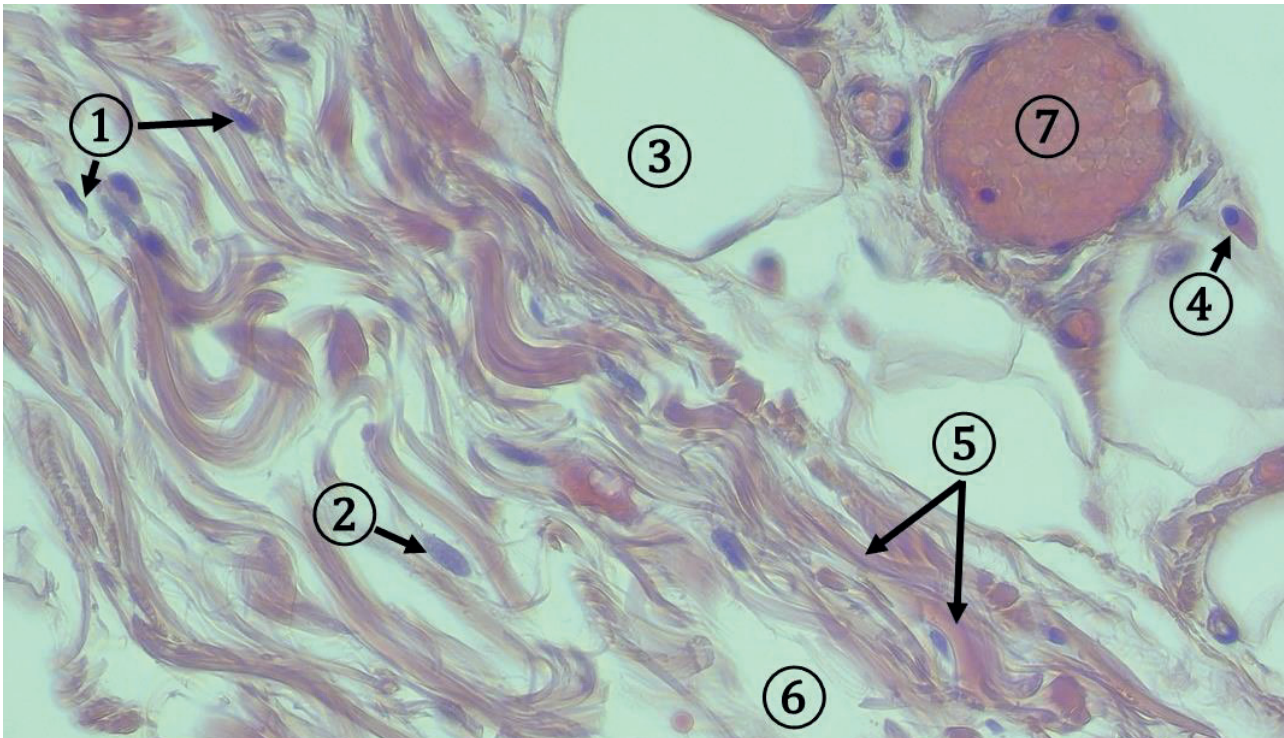
a) vláknitá hmota

kolagén I (kolagénové vlákna) – sfarbuje sa eozinofilne po farbení HE,

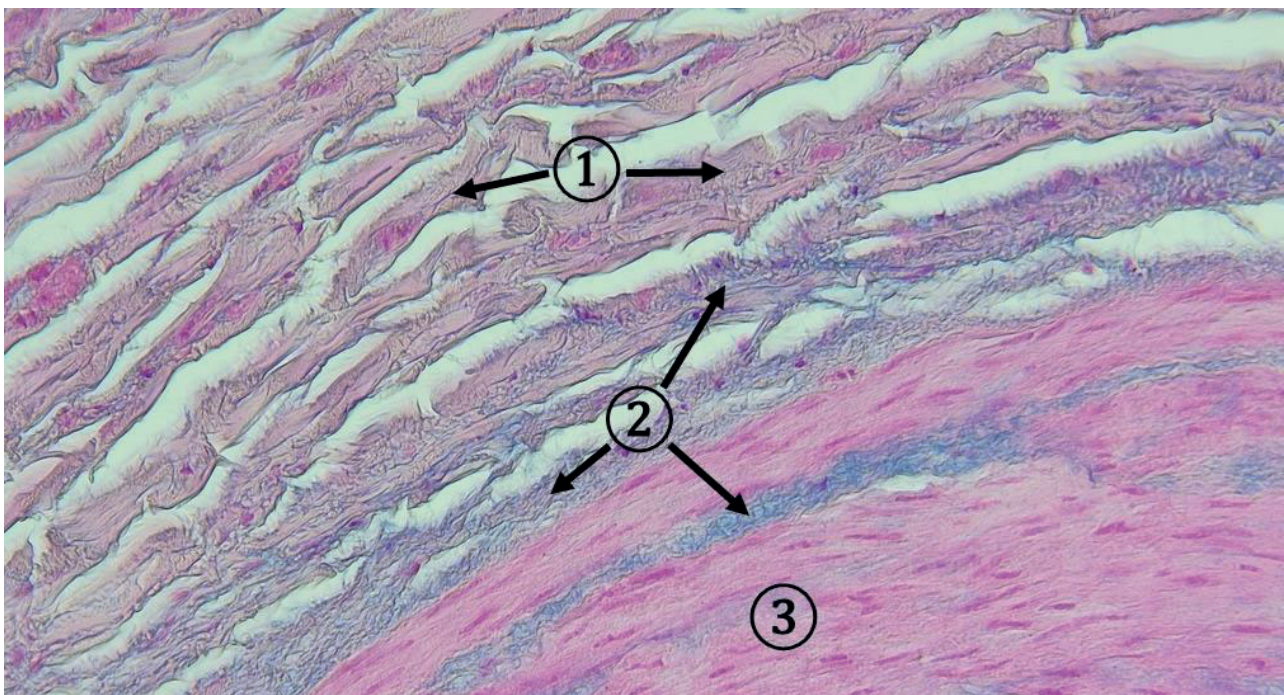
kolagén III (retikulárne vlákna) znázorňuje sa impregnáciou soľami striebra – argyrofilne (hnedočierne), alebo PAS pozitívne

elastické vlákna - špecificky sa farbja orceínom, resorcín fuchsínom

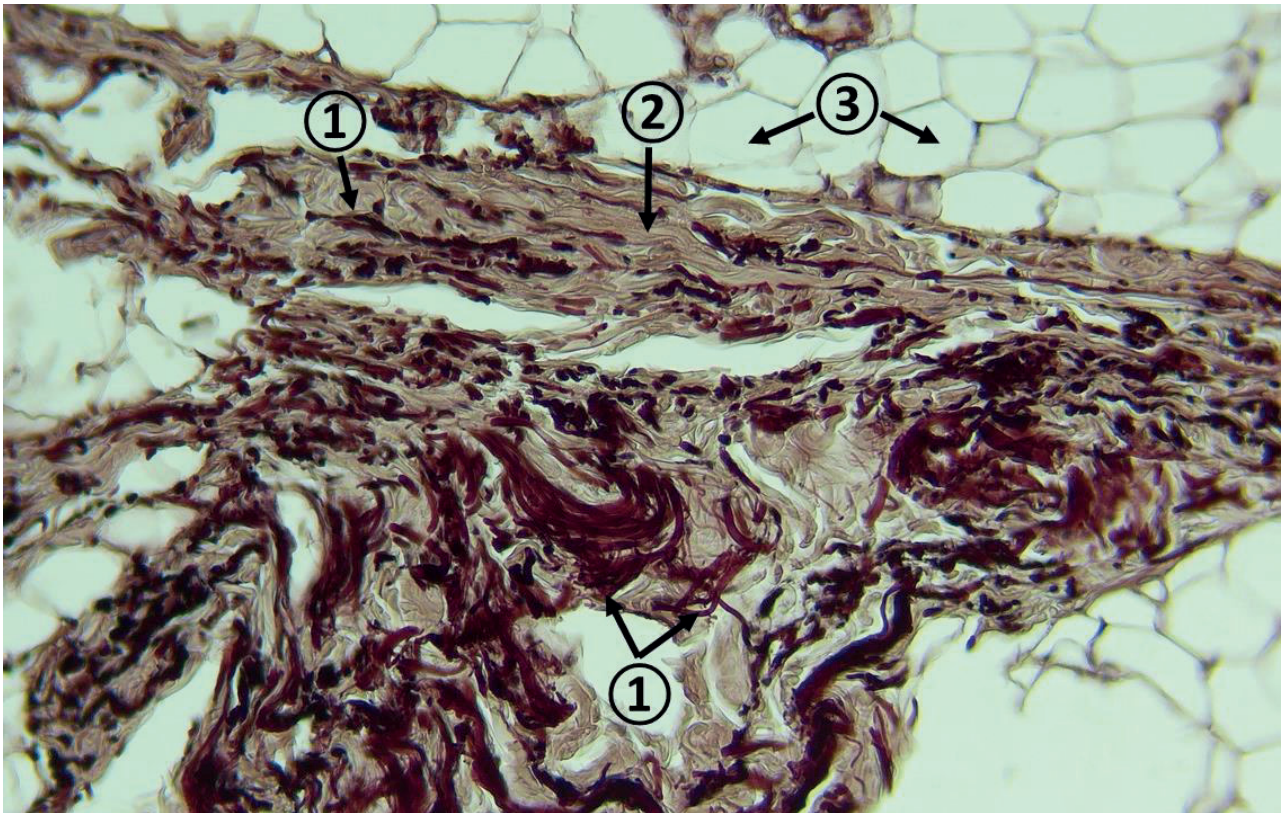
b) **amorfná hmota** je viskózna, obsahuje najmä kyslé mukopolysacharidy, ktoré sa zúčastňujú na regulácii obsahu vody vo väzive, na kontrole transportu metabolitov a iónov. Kyslé mukopolysacharidy môžeme znázorniť histochemicky alciánovou modrou v parafínových rezoch.



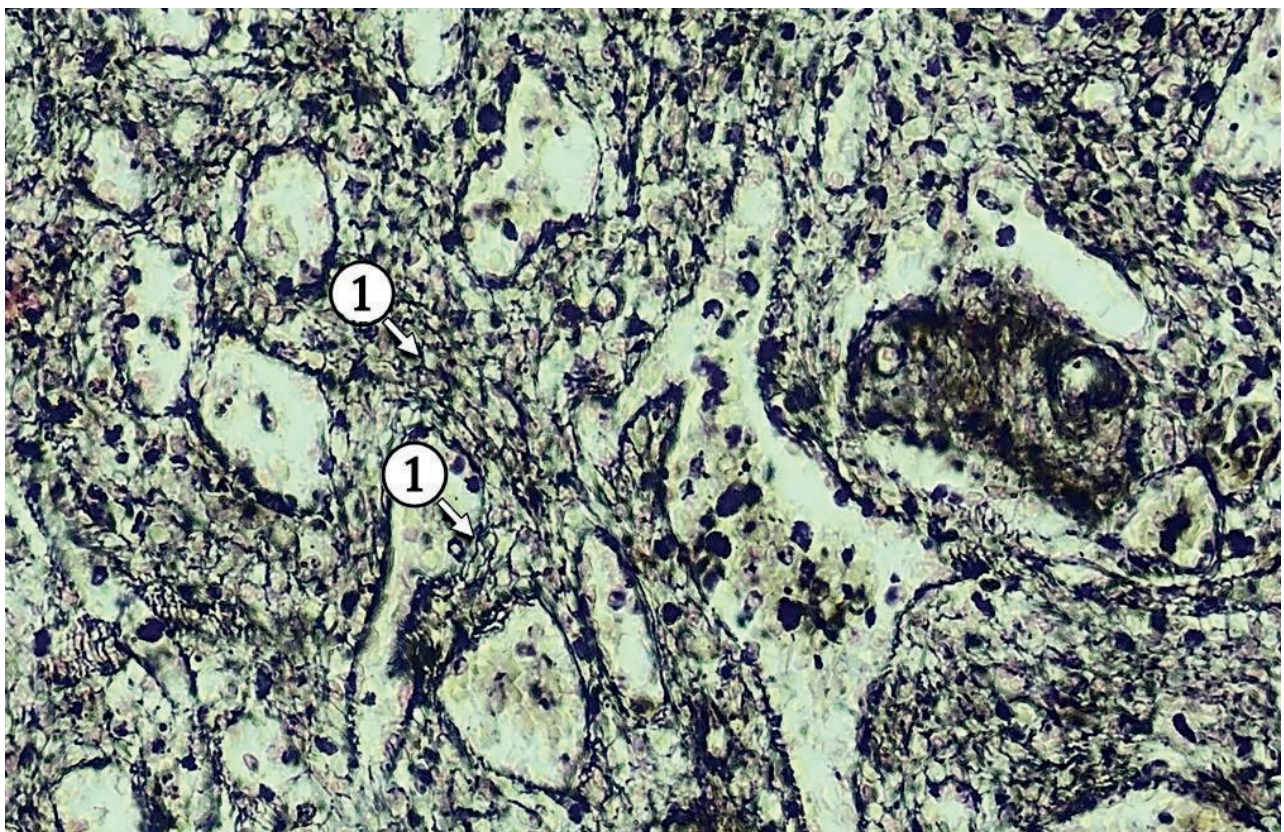
Obr. 5.1 Všeobecná stavba väziva. 1 – tmavé, štíhle jadrá fibrocytov, 2 – vretenovitý fibroblast s oválnym jadrom, 3 – tuková bunka, 4 – plazmatická bunka, 5 – eozinofilné kolagénové vlákna, 6 – amorfná medzibunková hmota, 7 – krvná cieva. (Intestinum crassum, Farbenie: HE)



Obr. 5.2 Amorfná medzibunková hmota – kyslé mukopolysacharidy. 1 – kolagénové vlákna, 2 – modré sfarbenie kyslých mukopolysacharidov v medzibunkovej hmote, 3 – hladké svalové bunky. (Arteria muscularis, histochemické farbenie alciánovou modrou, bunkové jadrá dofarbené jadrovou červenou)



Obr. 5.3 Elastické vlákna vo väzive. 1 – elastické vlákna, 2 – kolagénové vlákna, 3 – tukové bunky. (Perivaskulárne intersticiálne väzivo, farbenie elastických vlákien: orceín)



Obr. 5.4 Retikulárne vlákna vo väzive. 1 – sieť argyrofilných retikulárnych vlákien sfarbených čierne. (Splen, farbenie: impregnácia soľami striebra)

5.1 Morfológia a funkcia fixných buniek väziva

5.1.1 Fibroblasty a fibrocyty

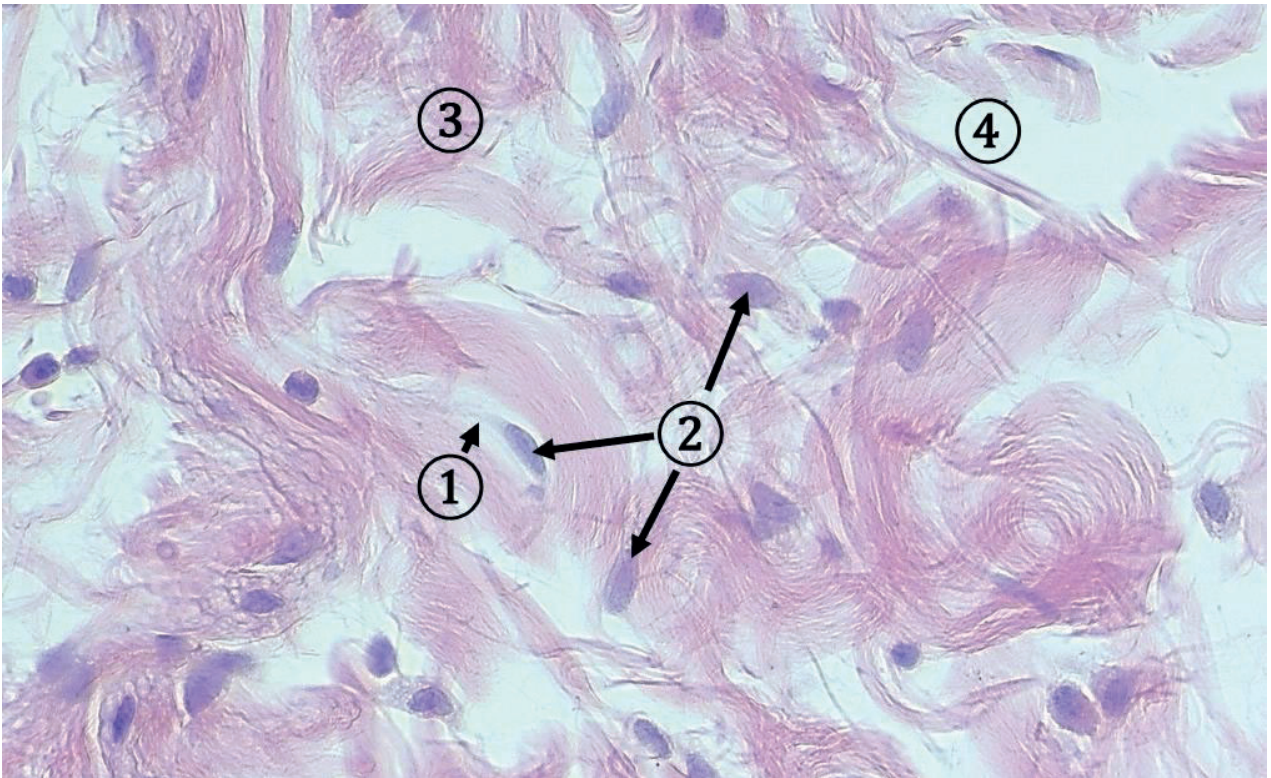
Fibroblasty sú fixné bunky väziva aktívne syntetizujúce organické prekurzory pre kolagénové a elastické vlákna a amorfnú hmotu väziva, preto majú cytoplazmu bohatú na granulované ER (syntéza bielkovín) a Golgiho aparát (kondenzácia proteínov, glykozylácia), mitochondrie (energia) a cytoskelet (funkcia pri transporte a exocytóze komponentov medzibunkovej hmoty). Bunky majú zväčša vretenovitý tvar, v elektrónovom mikroskope sú pozorovateľné tenké výbežky, čo dodáva bunkám nepravidelný až hviezdicovitý tvar. Jadro bunky je oválne, svetlo sa farbiace s vysokým obsahom euchromatínu a výrazným jadierkom (typický znak buniek s proteosyntézou). V svetelnom mikroskope sa cytoplazma sfarbuje bazofilne. Fibroblasty vo väzive sú početné počas rastu tkaniva a pri hojení rán.

Fibrocyty sú neaktívnou formou fibroblastov, sú to štíhle vretenovité bunky s eozinofilnou cytoplazmou a štíhlym až vretenovitým tmavo sa farbiacim jadrom, výrazne bazofilným v dôsledku prítomnosti heterochromatínu. V elektrónovom mikroskope je možné rozlíšiť menej cisterien granulovaného ER.

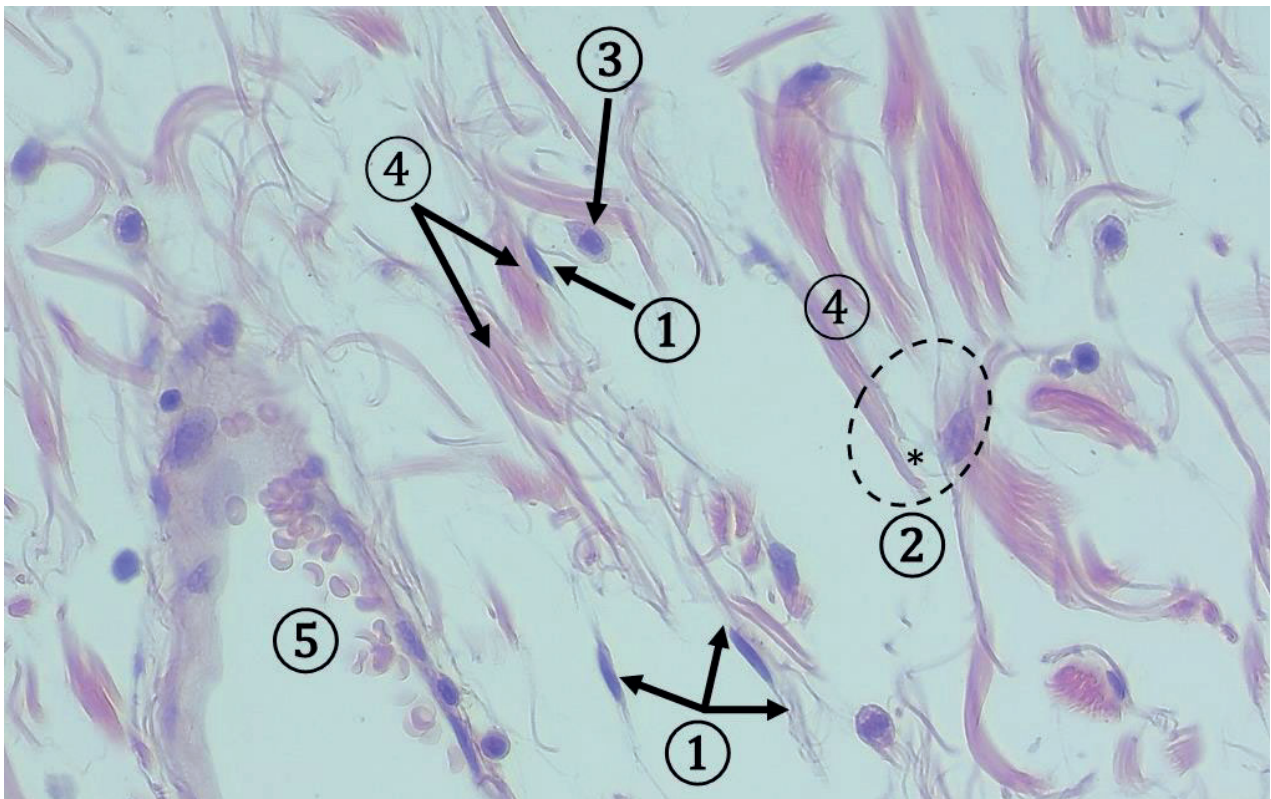
Vo väzive sú prítomné aj fibroblasom podobné bunky – **myofibroblasty**, ktoré sú početné pri hojení rán a zápale.



Obr. 5.5 Porovnanie cytomorfológie fibroblastov a fibrocytov. 1 – štíhle výbežky cytoplazmy fibroblastov dodávajú bunke hviezdicovitý tvar, 2 – svetlé, oválne jadro fibroblastu, 3 – tmavé, vretenovité jadro fibrocytu, 4 – eozinofilné kolagénové vlákna. (Intestinum crassum, farbenie: HE)



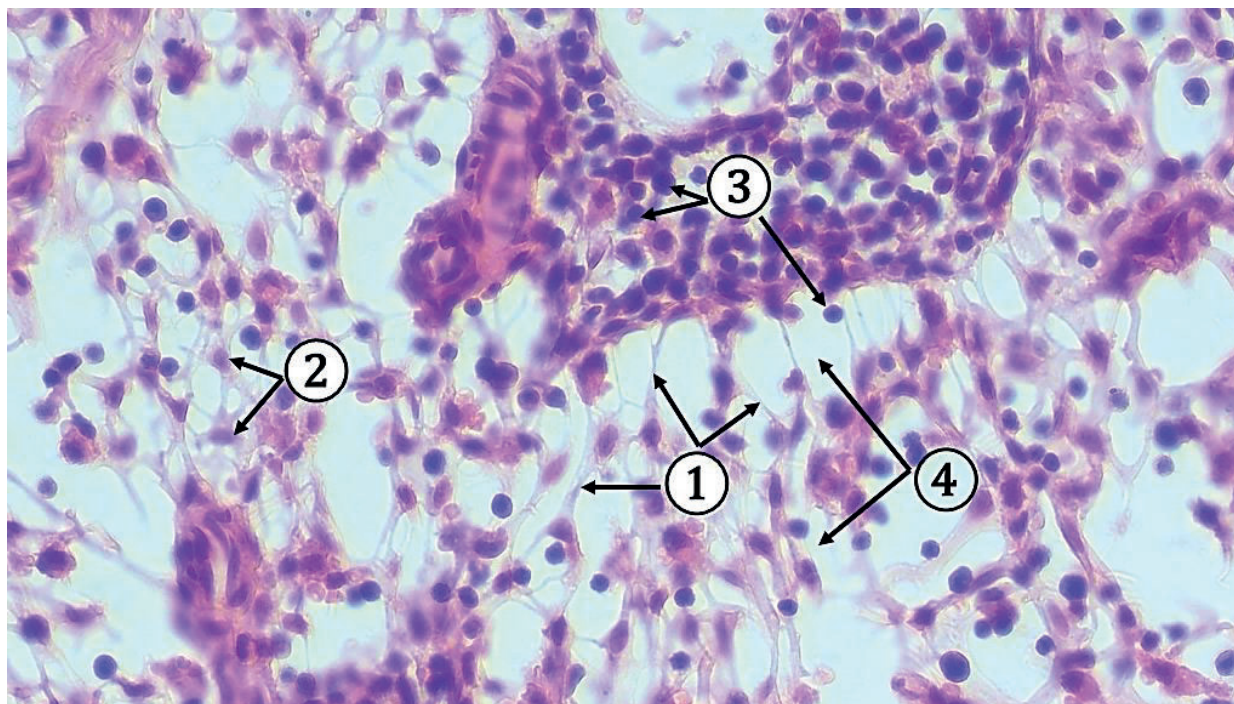
Obr. 5.6 Fibroblasty v hustom neusporiadanom kolagénovom väzive. 1 – cytoplazma vretenovitého fibroblastu, 2 – svetlé, oválne jadrá fibroblastov, 3 – eozinofilné kolagénové vlákna, 4 – amorfná medzibunková hmota. (Intestinum crassum, farbenie: HE)



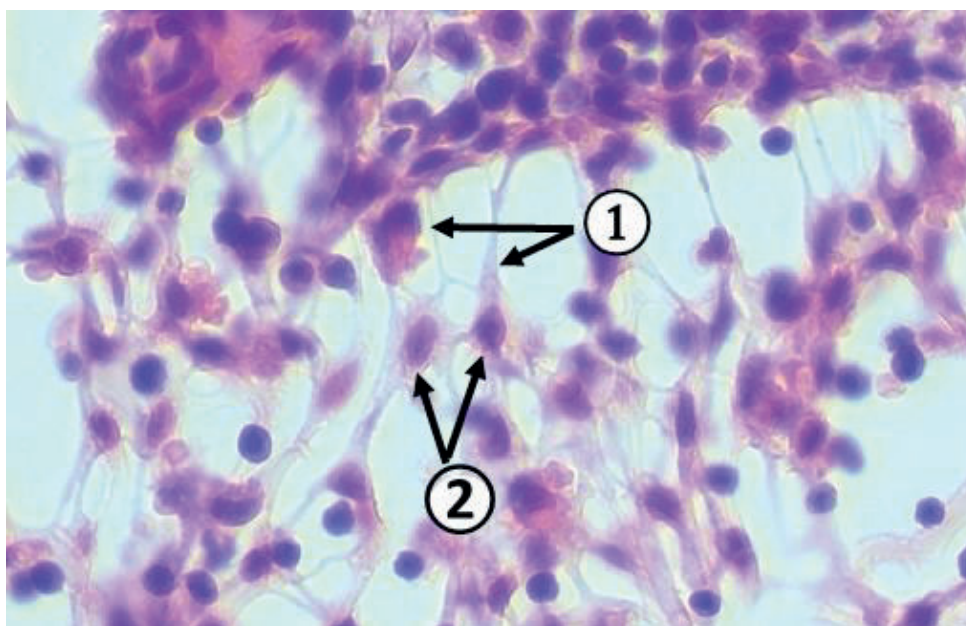
Obr. 5.7 Fibrocyty v riedkom kolagénovom väzive. 1 – štíhle, vretenovité telo fibrocytu s tmavým bunkovým jadrom, 2 – tenké cytoplazmatické výbežky fibroblastu (*) v kontakte s kolagénovými vláknami, 3 – makrofág (histiocyt), 4 – kolagénové vlákna, 5 – krvná cieva s erytrocytmi. (Intestinum crassum, farbenie: HE)

5.1.2 Retikulárne bunky

Retikulárne bunky sa vyskytujú v retikulárnom väzive lymfatických orgánov a kostnej drene, alebo v kolagénovom väzive pri hojení rán. Sú to rozvetvené **hviezdicovité bunky**, ktoré sa navzájom dotýkajú svojimi výbežkami. Bunky majú eozinofilnú cytoplazmu a svetlé oválne jadro s jedným až dvomi jadierkami. Retikulárne bunky syntetizujú prekurzory kolagénu typu III a sú schopné fagocytózy.



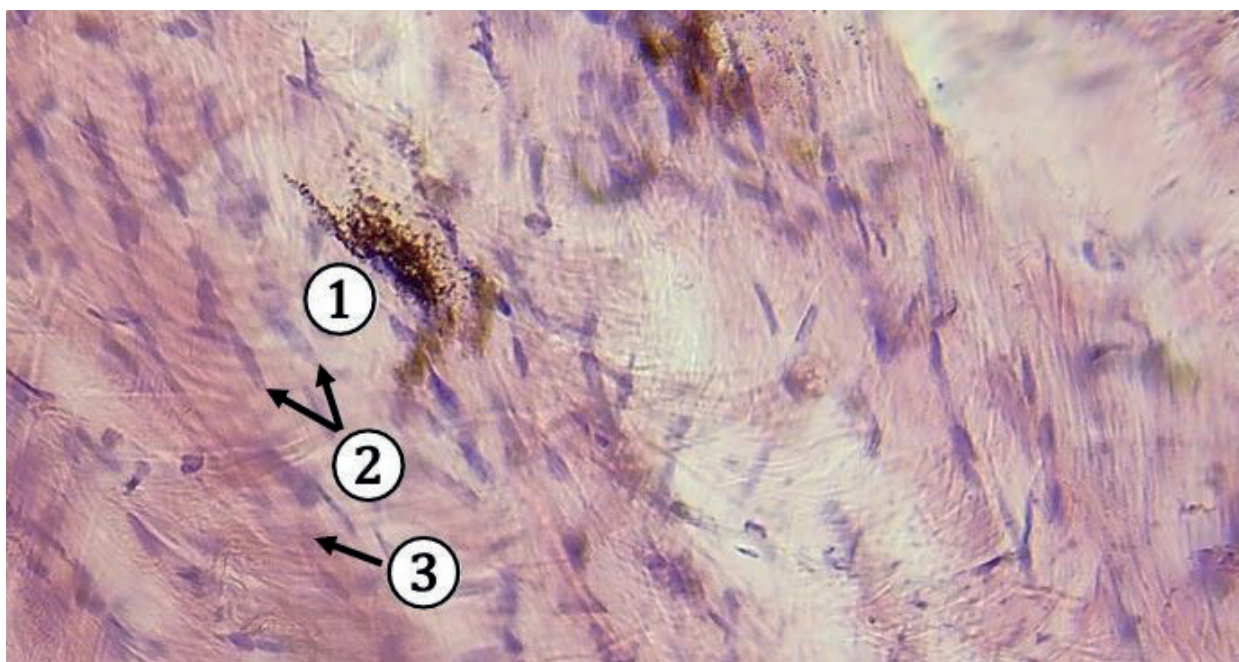
Obr. 5.8 Retikulárne bunky svojimi výbežkami vytvárajú sieť. 1 – tenké výbežky cytoplazmy retikulárnych buniek, 2 - bunkové jadrá retikulárnych buniek, 3 – lymfocyty, 4 – medzibunková hmota. (Lymphonodus, farbenie: HE)



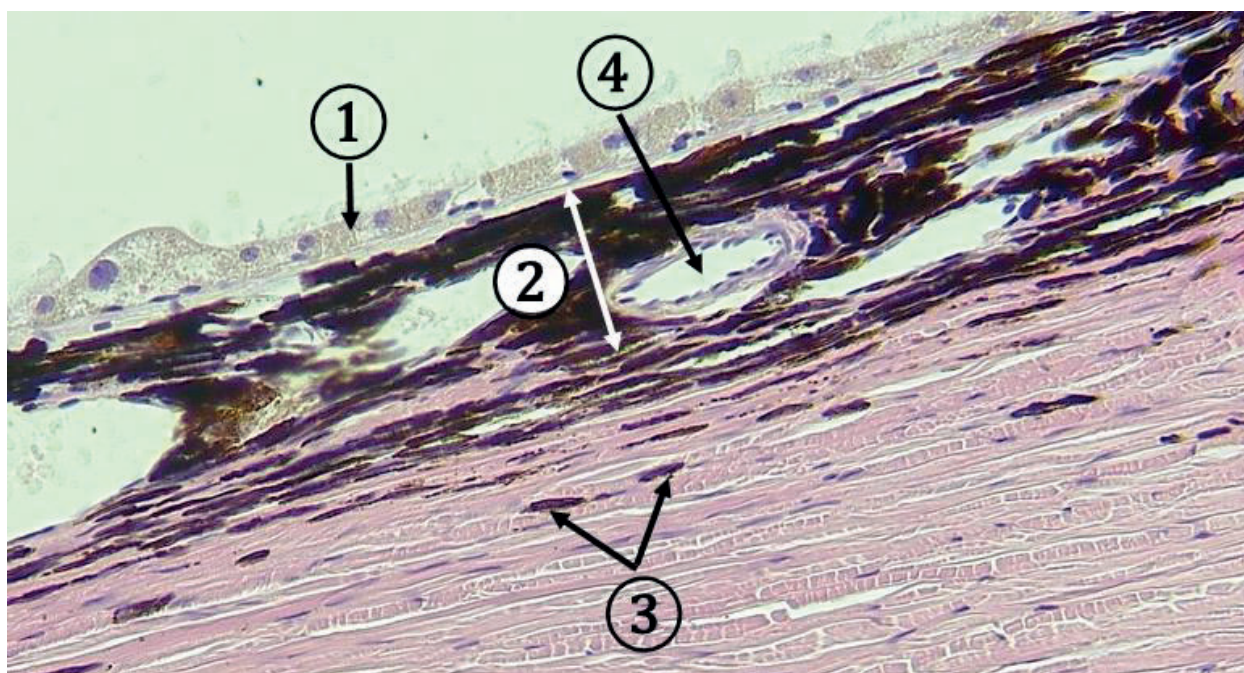
Obr. 5.9 Retikulárne bunky. 1 – výbežky cytoplazmy retikulárnych buniek, 2 – telo retikulárnej bunky s jadrom. (Lymphonodus, Farbenie: HE)

5.1.3 Pigmentové bunky

Pigmentové bunky (*melanocyty*) majú v cytoplazme tela a výbežkov hnedé zrníčka pigmentu – melanínu. Bunka má oválny až podlhovastý tvar s dlhými, nepravidelnými výbežkami cytoplazmy rôznej hrúbky. Jadro je oválne. Melanocyty vývojovo pochádzajú z neuroektodermy a sú bohato zastúpené napr. vo väzive očnej dúhovky a cievkovky, v pigmentovaných častiach kože, napr. v oblasti *areola mammae*.



Obr. 5.10 Melanocyt vo väzive sclery. 1 – melanocyt s pigmentovými zrníčkami melanínu v cytoplazme a výbežkoch, 2 – jadrá fibroblastov, 3 – kolagénové vlákna. (Sclera oculi, farbenie: HE)



Obr. 5.11 Melanocyty. 1 – pigmentová vrstva sietnice, 2 – cievkovka s melanocyty, 3 – melanocyt vo väzive očného bielka, 4 – cieva. (Bulbus oculi, farbenie HE)

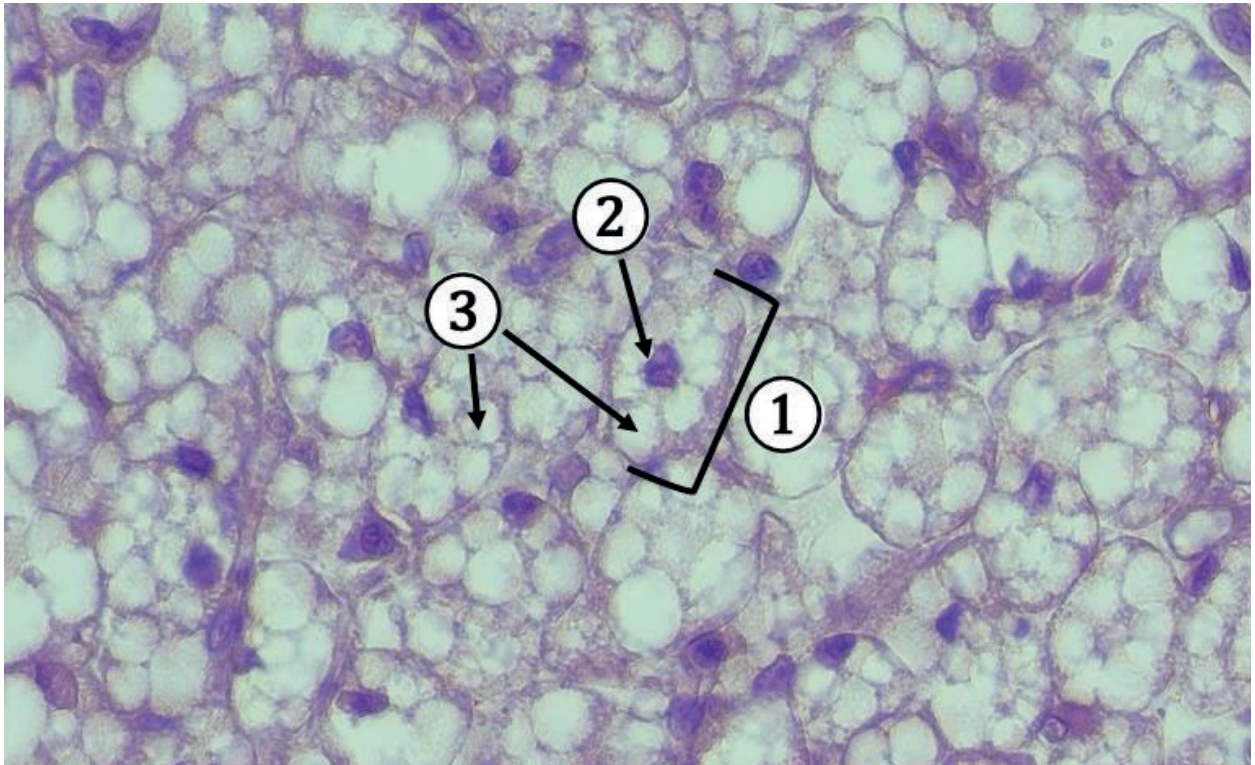
5.1.4 Tukové bunky

Tukové bunky (*adipocyty*) sú uložené jednotlivo, alebo v skupinách v kolagénovom väzive, alebo vytvárajú tukové väzivo. Morfológicky sa delia na univakuolárne a multivakuolárne adipocyty.

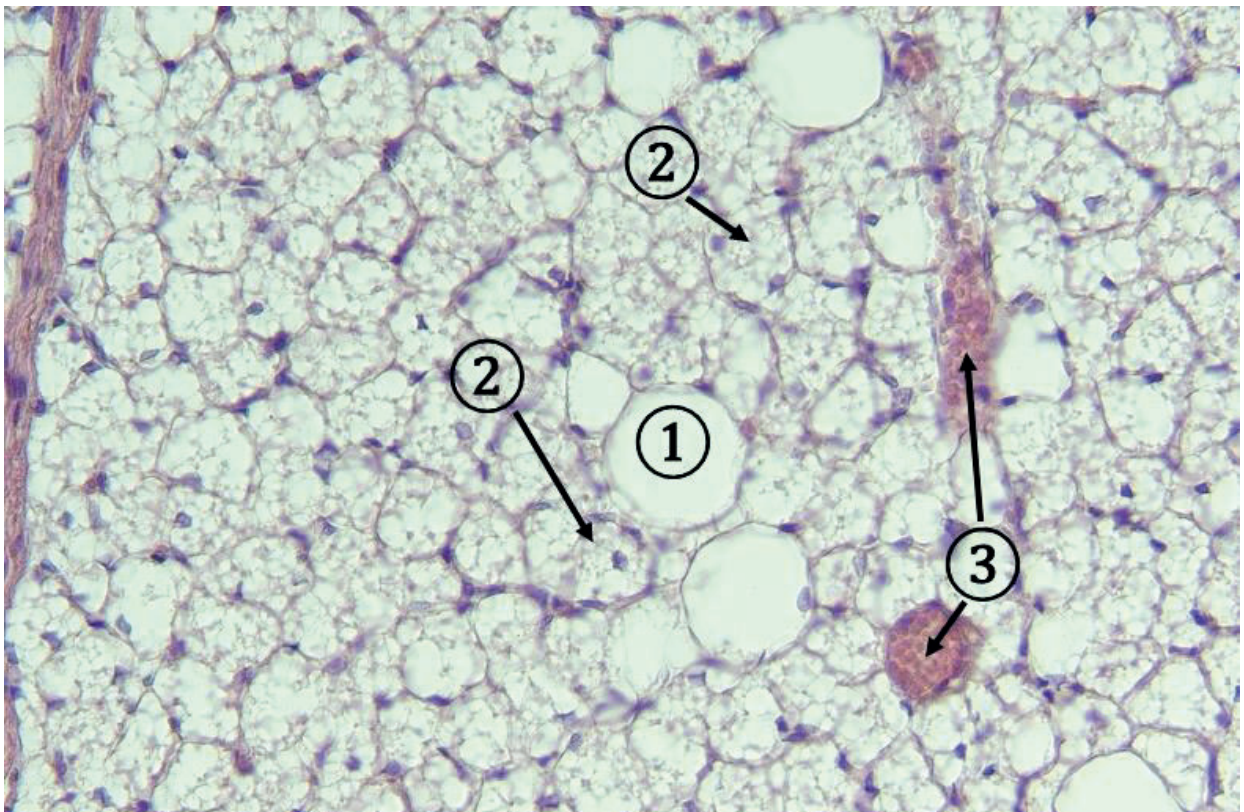
Univakuolárne (unilokulárne) adipocyty sú veľké väzivové bunky (40-120 μm) sférického až oválneho tvaru, majú jednu veľkú tukovú vakuolu, ktorá vytláča cytoplazmu a jadro (šošovkovitého tvaru) na perifériu bunky. V parafínových rezoch sa tuk nezafarbí, pretože sa procesom odvodňovania a prejasňovania rozpustí. Farbením zmrazených rezov sa tuk v bunkách zachová a na farbenie sa môžu použiť v tuku rozpustné farbivá (napr. sudánová červená, sudánová čierna). Univakuolárne adipocyty tvoria biele tukové väzivo bohato zastúpené napr. v podkožnom väzive. **Multivakuolárne (multilokulárne) adipocyty** majú zväčša oválny tvar, oválne jadro je lokalizované centrálné, alebo mierne excentricky. V cytoplazme je mnoho drobných tukových vakuol. Bunky tvoria hnedé tukové väzivo vyskytujúce sa hlavne u novorodencov, v blízkosti týmusu, alebo u dospelých jedincov v okolí obličiek a nadobličiek.



Obr. 5.12 Univakuolárne adipocyty. 1 – adipocyt s jednou veľkou tukovou vakuolou v cytoplazme, 2 – ploché, šošovkovité jadro na periférii adipocytu, 3 – úzky lem cytoplazmy adipocytu, 4 - krvná cieva s erytrocytmi. (Textus adiposus, farbenie: HE)



Obr. 5.13 Multivakuolárne adipocyty. 1 – adipocyt s početnými tukovými vakuolami v cytoplazme, 2 – oválne, centrálné uložené jadro, 3 – početné drobné vakuoly v cytoplazme. (Textus adiposus multilocularis, farbenie: HE)



Obr. č. 5.14 Adipocyty. 1 – univakuolárny adipocyt, 2 – multivakuolárny adipocyt, 3 – krvná cieva s erythrocytmi. (Ren - textus adiposus, farbenie: HE)

5.2 Voľné bunky, blúdivé bunky väziva

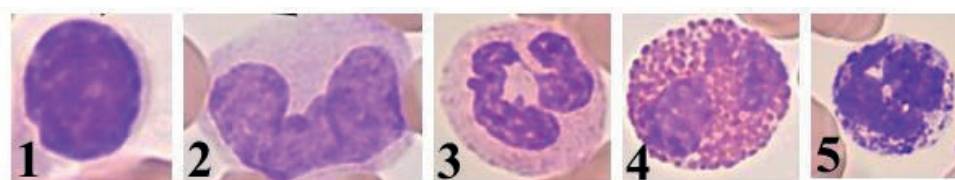
Do tejto skupiny patria:

a. autochtonné voľné bunky (vlastné bunky väziva):

- **histiocyty (tkanivové makrofágy)**
- **plazmatické bunky**
- **mastocyty**

b. heterochtonné („pricestované“) voľné bunky sú leukocyty, ktoré prestupujú cez cievnú stenu a osídľujú väzivo:

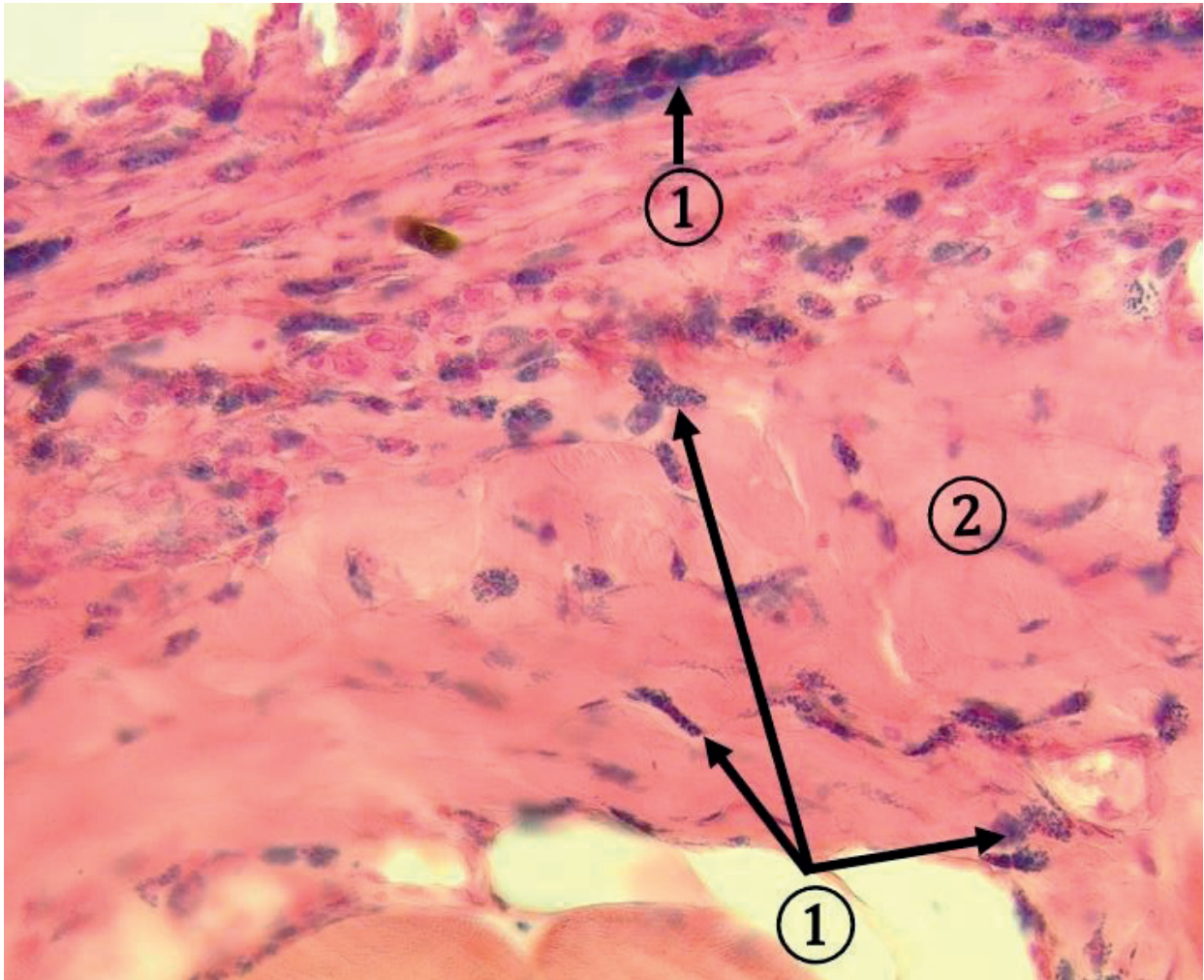
- **lymfocyty a neutrofilné granulocyty** - ich počet sa vo väzive zvyšuje pri zápale, infekcii;
- **monocyty** opúšťajú krvné riečište, osídľujú väzivo, kde sa menia na fagocytujúce bunky - makrofágy;
- **eozinofilné granulocyty** – ich počet vo väzive stúpa pri alergických reakciách (senná nádcha, bronchiálna astma), ale aj pri parazitárnych ochoreniach. Za normálnych podmienok leukocyty osídľujú väzivo v sliznici orgánov dýchacieho, tráviaceho, močového a pohlavného systému, kde sa podieľajú na obranných reakciách. Identifikácia týchto buniek má význam z patologického hľadiska.



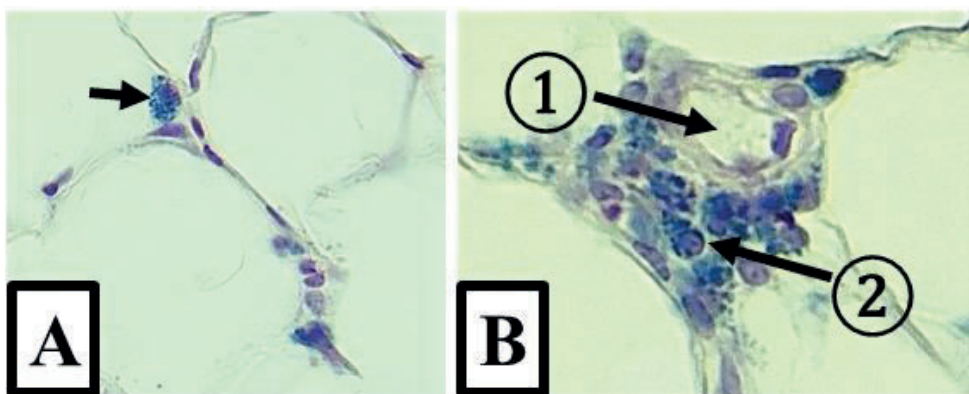
Obr. 5.15 Heterochtonné (pricestované) bunky prestupujúce z krvi do väziva. 1 - lymfocyt, 2 – monocyty, 3 – neutrofilný granulocyt, 4 – eozinofilný granulocyt, 5 – bazofilný granulocyt. (Krvný náter, farbenie: farbenie Giemsa – Romanowski)

5.2.1 Histiocyty

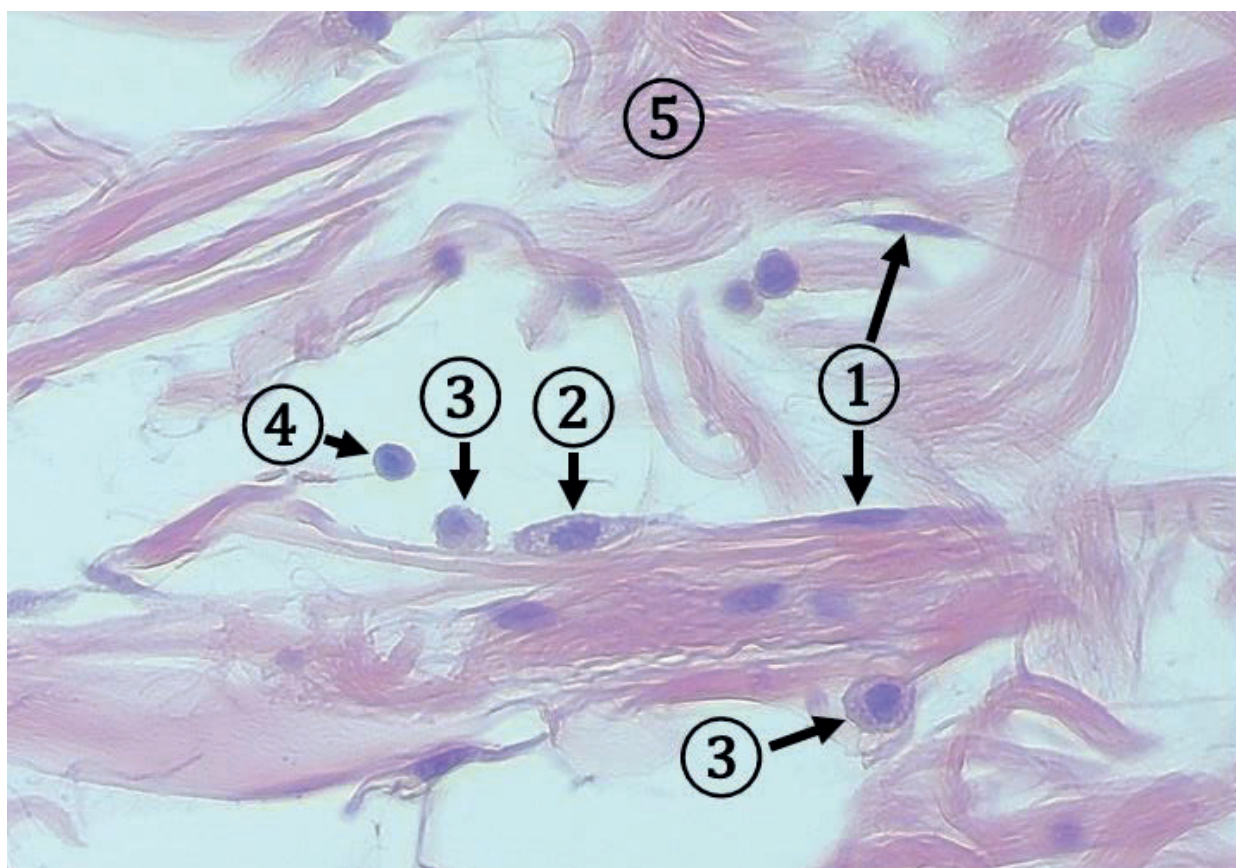
Histiocyty sú makrofágy vo väzive, v kludovom stave (fixné makrofágy) majú vretenovitý tvar a sú ťažšie odlišiteľné od fibroblastov. Pri podráždení a aktivácii sa zaguľatia a premenia sa na voľné makrofágy so schopnosťou premiestňovať sa (migrácia prostredníctvom pseudopódií) vo väzive a aktívne pohlcovať (fagocytovať) cudzorodý materiál ako napr. baktérie, cudzorodé čiastočky, ktoré pomocou hydrolytických enzýmov v lyzozómoch rozkladajú. Na histologický dôkaz histiocytov sa používa ich schopnosť fagocytózy, kedy po vitálnom injekčnom podaní farbiva (napr. trypanová modrá, zelený tuš) do väziva, makrofágy toto cudzorodé farbivo fagocytujú a hromadia v cytoplazme. Jadrá buniek pre lepšiu identifikáciu dofarbujeme napr. jadrovou červenou.



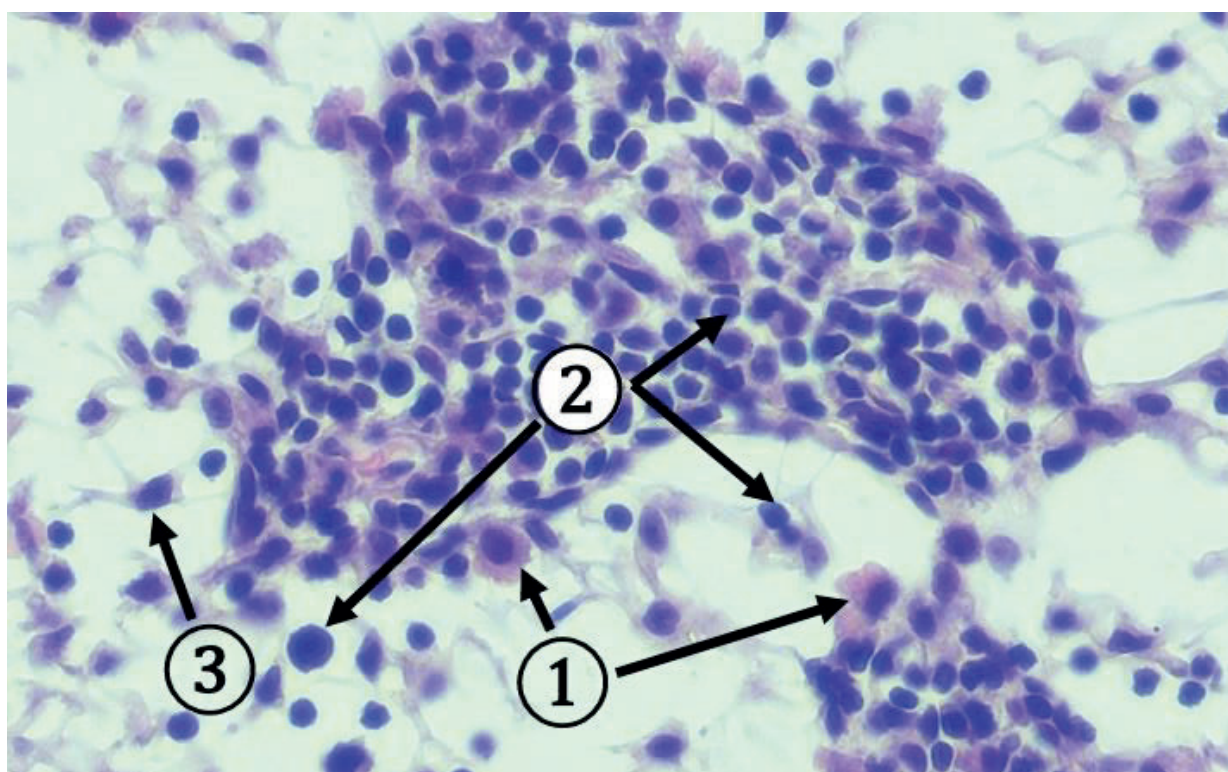
Obr. 5.16 Makrofágy v hustom kolagénovom väzive. 1 – makrofágy s obsahom modrých granúl trypanovej modrej v cytoplazme - dôkaz fagocytózy, 2 - tuhé kolagénové väzivo. (Cutis, farbenie: intravitálne podaná trypanová modrá, jadrá dofarbené jadrovou červeňou)



Obr. 5.17 Makrofágy v tukovom väzive. A. Detail makrofágu s obsahom modrých granúl trypanovej modrej v cytoplazme (šípka); B. 1 - krvná cieva, 2 – makrofágy s bazofilným jadrom a fagocytovanými modrými granulami. (Textus adiposus, farbenie: intravitálne podaná trypanová modrá, jadrá dofarbené hematoxylínom)



Obr. 5.18 Makrofágy v riedkom kolagénovom väzive. 1 – fibrocyt, 2 – vretenovitý makrofág s penovitou cytoplazmou, 3 - oválny makrofág s nepravidelným povrchom, 4 – lymfocyt, 5 – kolagénové vlákna. (Intestinum crassum, farbenie: HE)



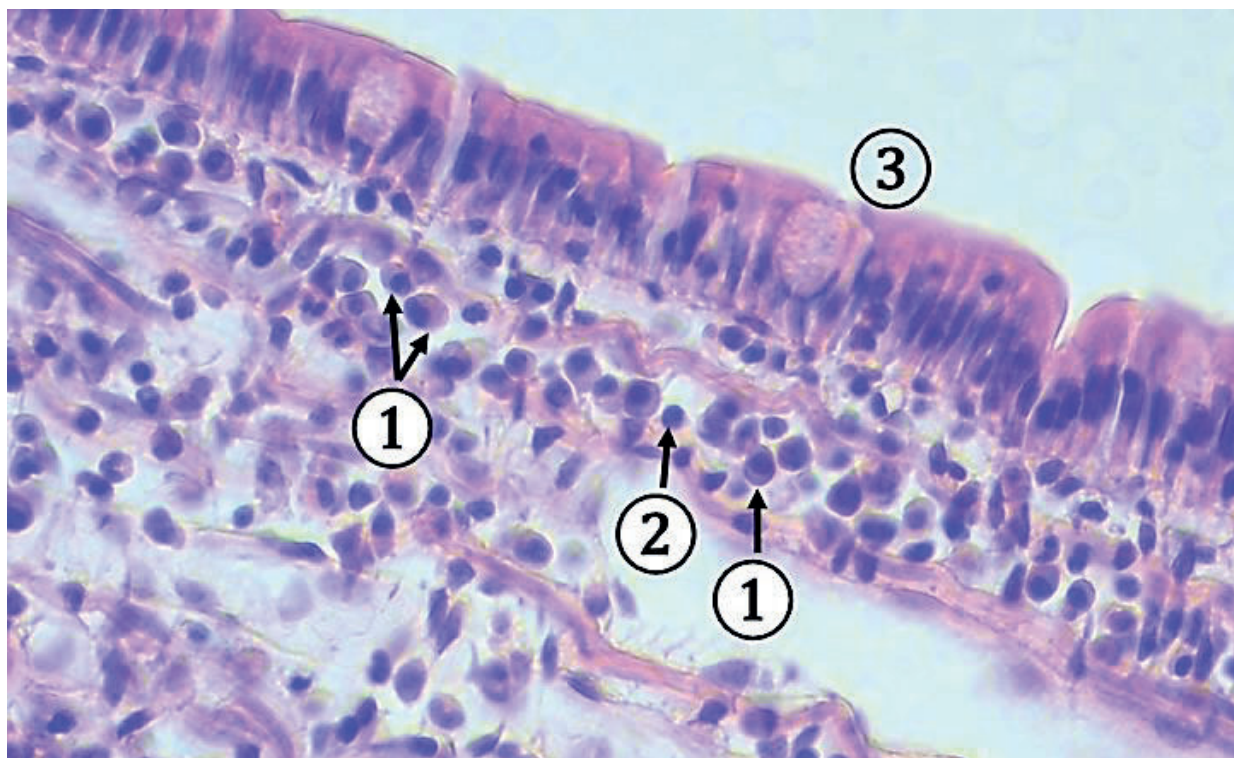
Obr. 5.19 Makrofágy v retikulárnom väzive. 1 – makrofágy, 2 – lymfocyty, 3 – retikulárna bunka. (Lymphonodus, farbenie: HE)

5.2.2 Plazmatické bunky (*plazmocyty*)

Plazmatické bunky sú ovoidného tvaru, s excentricky uloženým okrúhlym jadrom s typicky lúčovito usporiadaným heterochromatínom. Bazofiliu cytoplazmy podmieňuje bohato zastúpené granulované ER zodpovedné za syntézu protilátok (imunoglobínov), zúčastňujúcich sa obranných reakcií proti mikrobiálnej infekcii (vírusy, baktérie, parazity). Plazmatické bunky sa vo veľkom množstve nachádzajú napr. vo väzive črevných klkov a v lymfatických orgánoch.



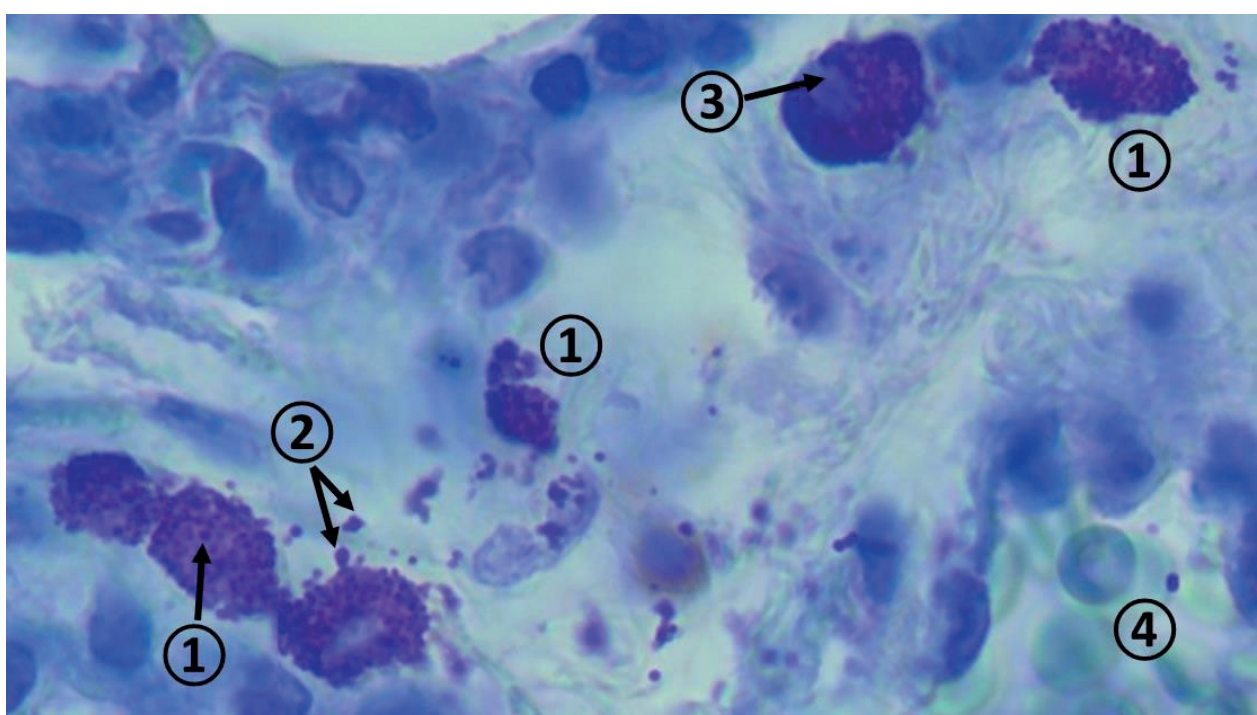
Obr. 5.20 Plazmatické bunky – detail. 1 – plazmatická bunka, 2 – oválne jadro excentricky uložené, 3 – bazofilná cytoplazma. (Intersticiálne väzivo, farbenie: HE)



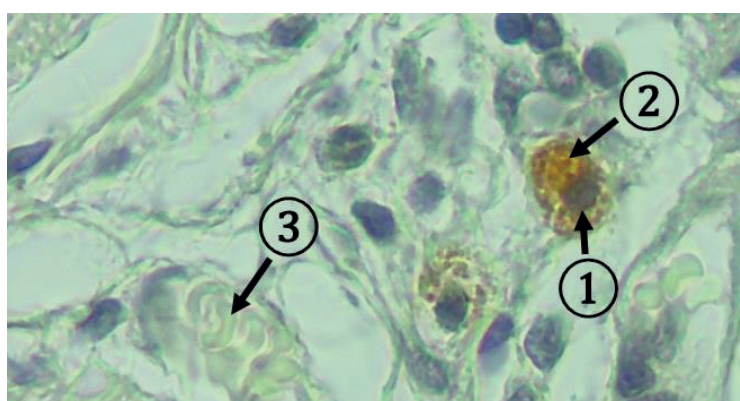
Obr. 5.21 Plazmatické bunky. 1 – plazmatická bunka, 2 – malý lymfocyt, 3 – jednovrstvový cylindrický epitel s pohárikovými bunkami. (Intestinum tenue, farbenie: HE)

5.2.3 Mastocyty (heparinocyty, žírne bunky)

Mastocyty sa vo väzive najčastejšie vyskytujú okolo ciev. Bunky majú oválny tvar, s okrúhlym, relatívne malým jadrom. V cytoplazme buniek sa nachádzajú **malé sekrečné granuly** (0,5-1 μm). Po farbení bázickými farbivami napr. toluidínovou modrou sa granuly v cytoplazme znázorňujú červenofialovo. Tento jav sa nazýva **metachromázia**. Jadrá buniek sa toluidínovou modrou farbja modro – **ortochromázia**. Granuly mastocytov obsahujú heparín (antikoagulačný faktor) a biogénne amíny histamín (zvyšuje permeabilitu ciev) a serotonín (zvyšuje krvný tlak vazokonstrikciou ciev). Granuly sa vylučujú parakrinným spôsobom sekrécie, to znamená, že sekrét je vylučovaný do okolia buniek a tam ovplyvňuje ostatné bunky a tkanivá (napr. zmena permeability cievnej steny).



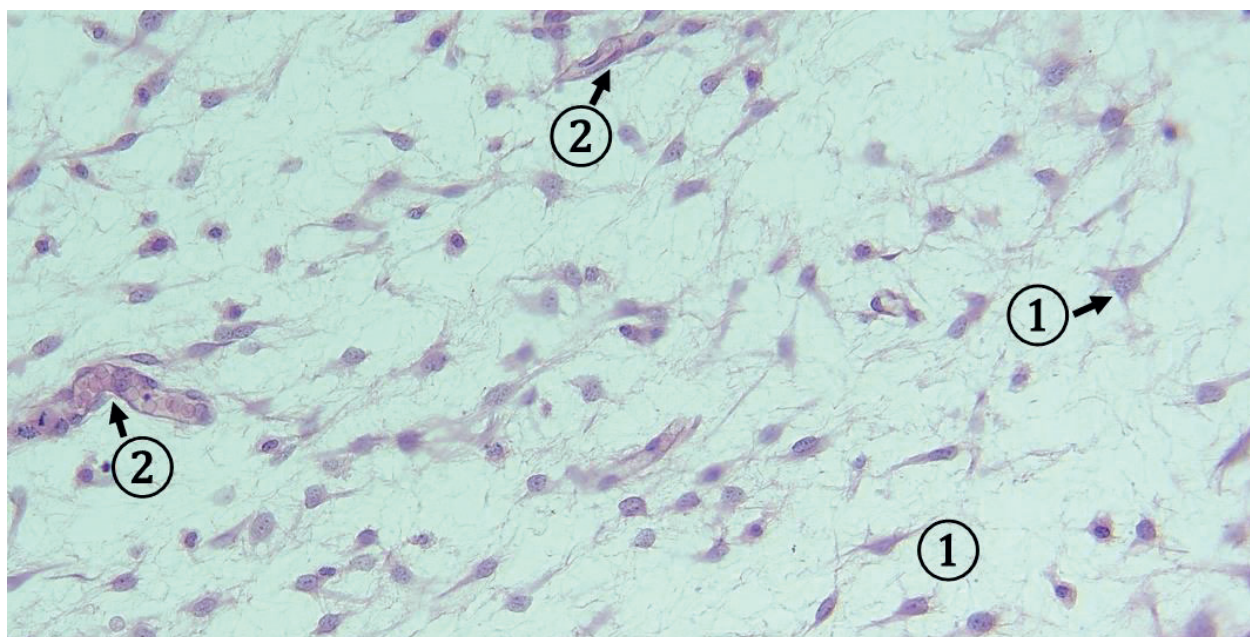
Obr. 5.22 Mastocyty. 1 – mastocyt, 2 – parakrinný spôsob vylučovania metachromaticky sa farbiacich sekrečných granúl (fialovočervená), 3 – malé okrúhle jadro (modré sfarbenie), 4 – erytrocyty v krvnej cieve. (Pulmo, farbenie: alciánová modrá)



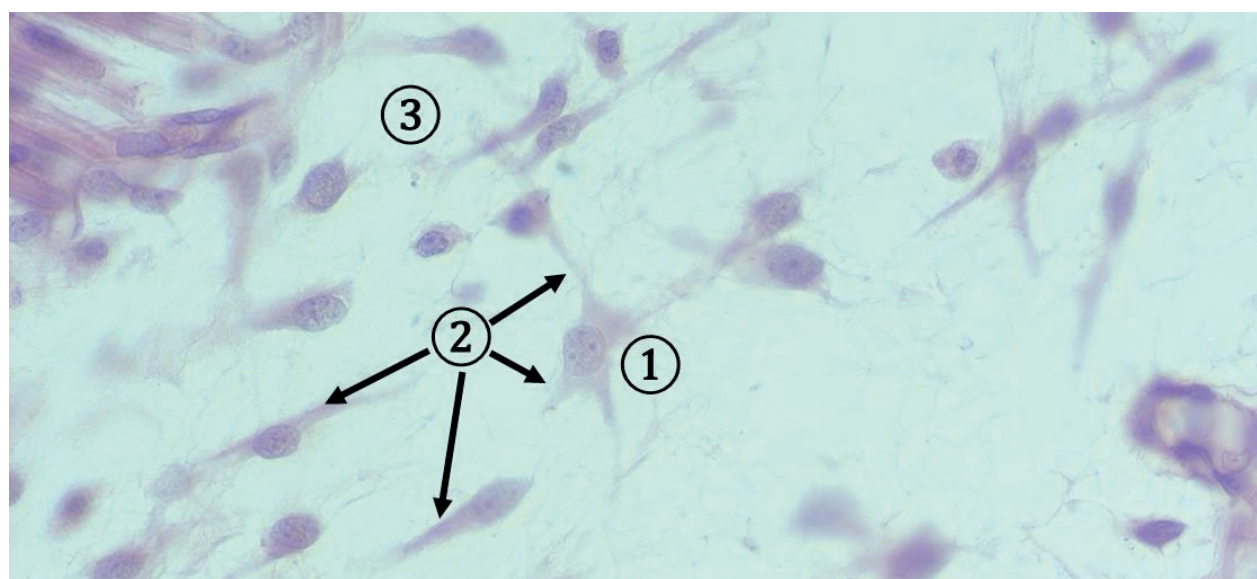
Obr. 5.23 Mastocyty. 1 – jadro mastocytu, 2 - sekrečné granuly v cytoplazme (žlto-hnedé zafarbenie), 3 – cieva s erytrocytmi. (Pulmo, farbenie: Bismarckovou hnedou, jadrá buniek dofarbené hematoxylínom)

5.3 Mezenchýmové bunky, nediferencované bunky spojivového tkaniva

Mezenchýmové bunky sú **embryonálne bunky**, ktoré sa počas vývoja jedinca diferencujú na fibroblasty a lipoblasty (preadipocyty) vo väzive, chondroblasty v chrupke, osteoblasty v kosti a na endotelové bunky ciev. Aj v **dospelom veku** sú **mezenchýmové nediferencované bunky** prítomné vo väzive, ktoré sa v prípade potreby dokážu diferencovať na horeuvedené typy buniek. Morfologicky sa mezenchýmové bunky u dospelého jedinca podobajú fibroblastom a najčastejšie sa vyskytujú v okolí ciev.



Obr. 5.24 Mezenchýmové bunky. 1 – hviezdicovité mezenchýmové bunky, 2 – vyvíjajúce sa krvné cievy. (Embryonálny mezenchým, farbenie: HE)



Obr. 5.25 Mezenchýmové bunky. 1 – hviezdicovitá mezenchýmová bunka, 2 – cytoplazmatické výbežky mezenchýmových buniek, 3 – amorfná medzibunková hmota. (Embryonálny mezenchým, farbenie: HE)

5.4 Typy väzív

Podľa typov väzivových buniek a ich vzájomného usporiadania, typov vlákien, množstva amorfnej hmoty a funkcie rozdeľujeme väzivo na:

- mezenchýmové - embryonálne väzivo
- rôsolovité väzivo
- riedke kolagénové väzivo
- husté (tuhé) kolagénové väzivo
 - usporiadané
 - neusporiadané
- retikulárne väzivo
- elastické väzivo
- tukové väzivo
 - biele
 - hnedé

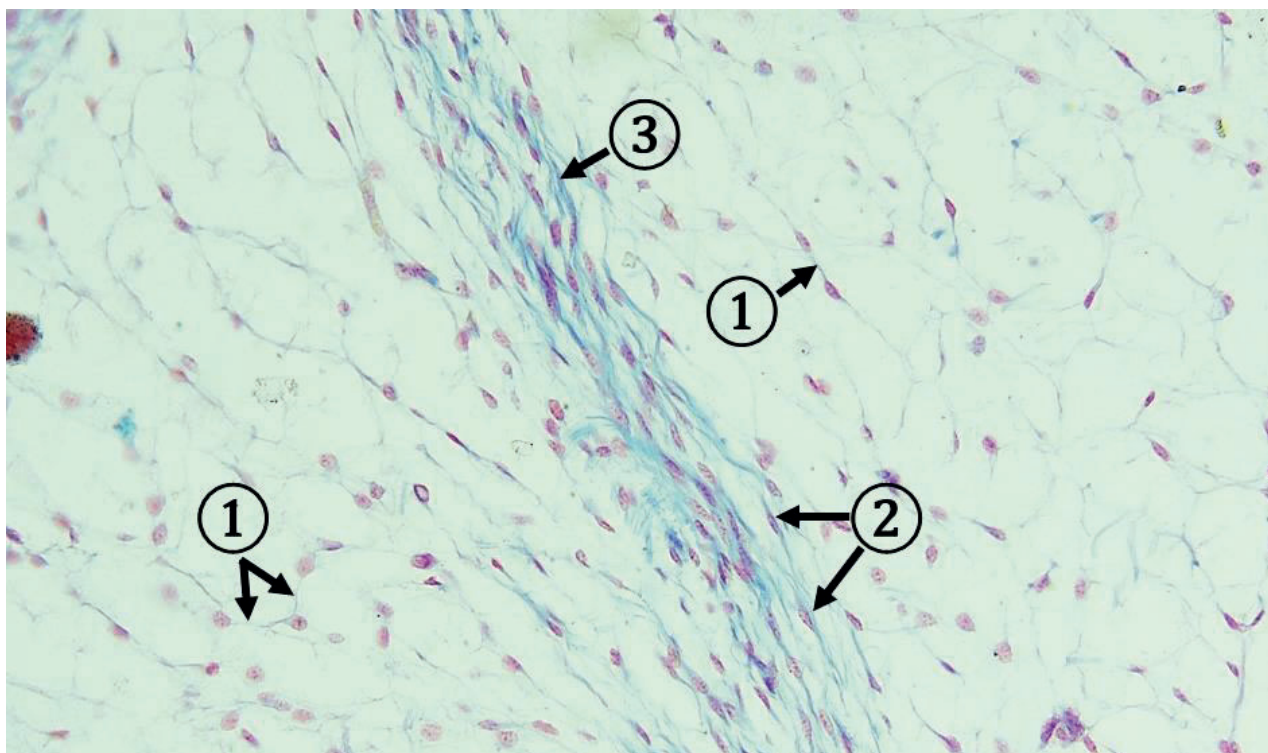
5.4.1 Mezenchýmové väzivo

Mezenchýmové väzivo sa vyvíja z mezodermy, je to typické **embryonálne tkanivo**, ktoré dáva základ pre vývoj všetkých spojivových tkanív, pre vývoj krvných elementov, krvných a lymfatických ciev počas prenatálneho vývoja. Toto väzivo sa skladá z mezenchýmových buniek hviezdicovitého tvaru so štíhlymi cytoplazmatickými výbežkami. Bunky majú svetlé oválne jadrá s drobnými zrnčkami heterochromatínu. V medzibunkovom priestore sa nachádza prevažne amorfná hmota. Diferencujúce sa mezenchýmové bunky začínajú syntetizovať prekursorov kolagénových vlákien a v medzibunkovom priestore sa objavujú veľmi tenké a jemné kolagénové vlákna (obr. 5.26, 5.27).

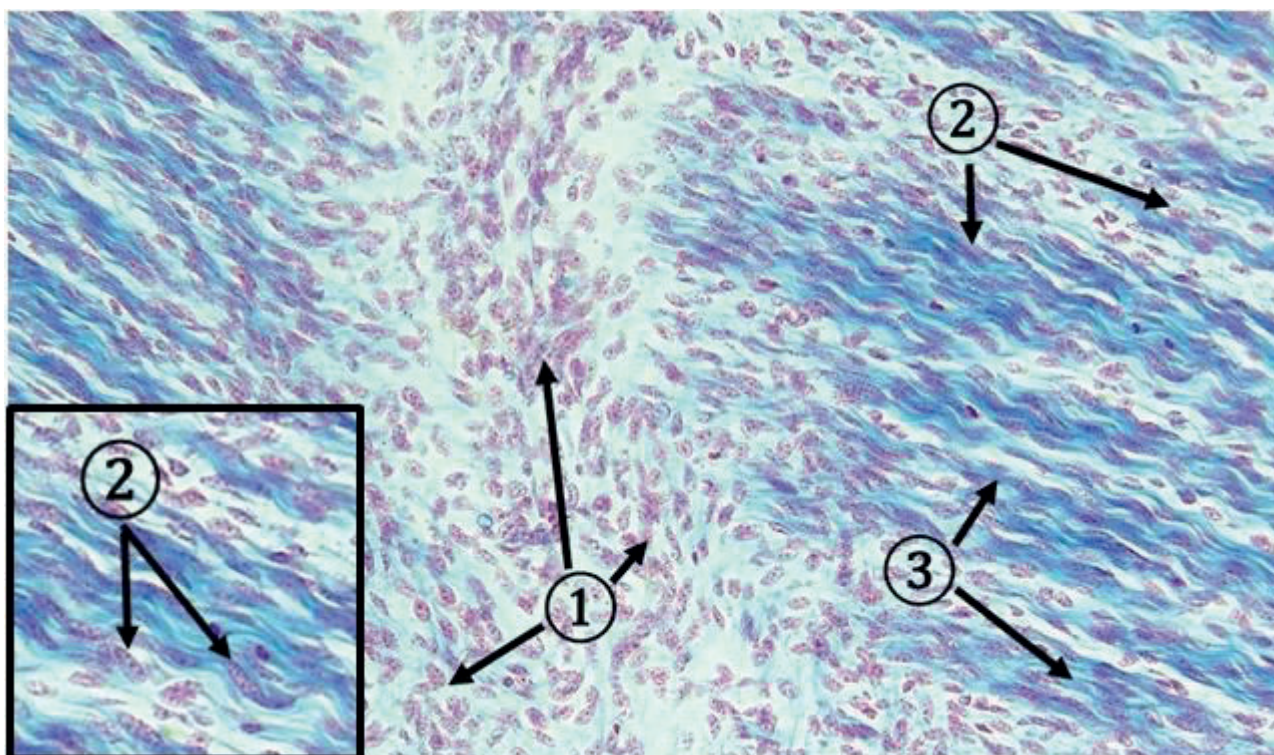
V dospelom veku sa zachovávajú mezenchýmové bunky jednotlivo a slúžia ako kmeňové bunky s potenciálom diferenciácie.

5.4.2 Rôsolovité väzivo

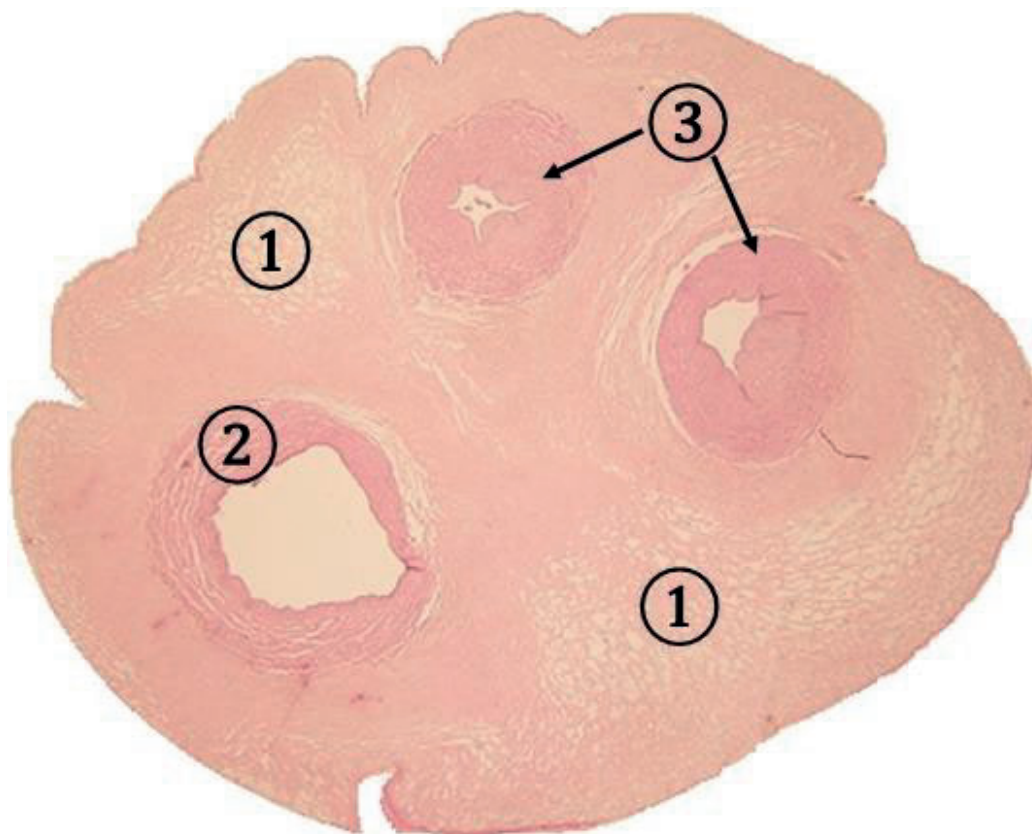
Rôsolovité väzivo sa skladá z buniek fibroblastov hviezdicovitého tvaru a z fibrocytov (v pupočníku na konci gravidity). V medzibunkovej hmote sú prítomné jemné kolagénové vlákna a veľa amorfnej hmoty s vysokým obsahom kyseliny hyalurónovej a hyalurónanov viažucich veľké množstvo vody. Väzivo má rôsolovitú konzistenciu. Najčastejšie sa vyskytuje v pupočníku (*funiculus umbilicalis*), kde sa označuje ako Whartonov rôsol (obr. 5.29, 5.30, 5.31), v ktorom prebiehajú veľké pupočníkové ciev (*aa. umbilicales a v. umbilicalis*).



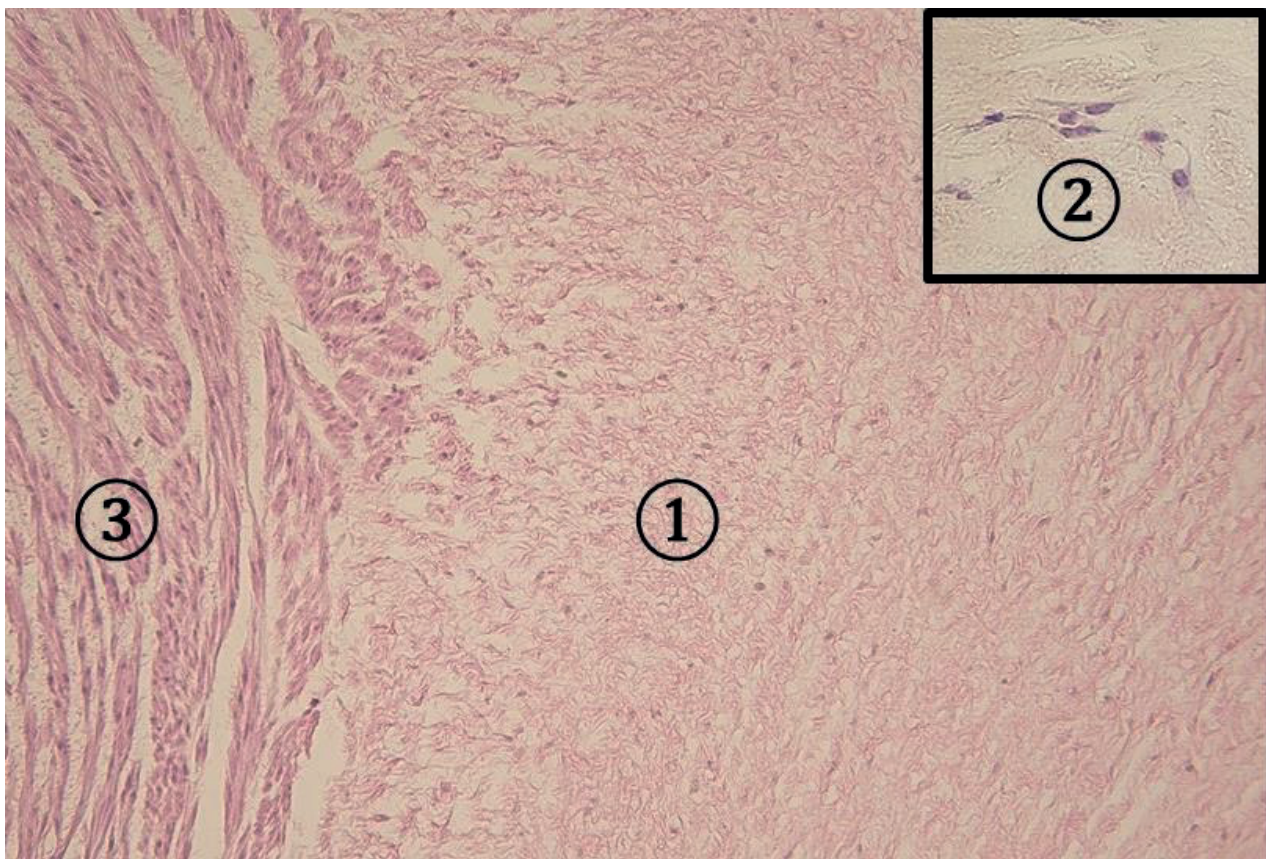
Obr. 5.26 Mezenchým sa skladá zo sieťovito pospájaných mezenchýmových buniek. 1 – kontakt cytoplomatických výbežkov mezenchýmových buniek, 2 – diferenciácia fibroblastov a počiatok tvorby kolagénových vlákien väziva, 3 – tenké kolagénové vlákna sfarbené modro. (Foetus – končatina, farbenie: AZAN)



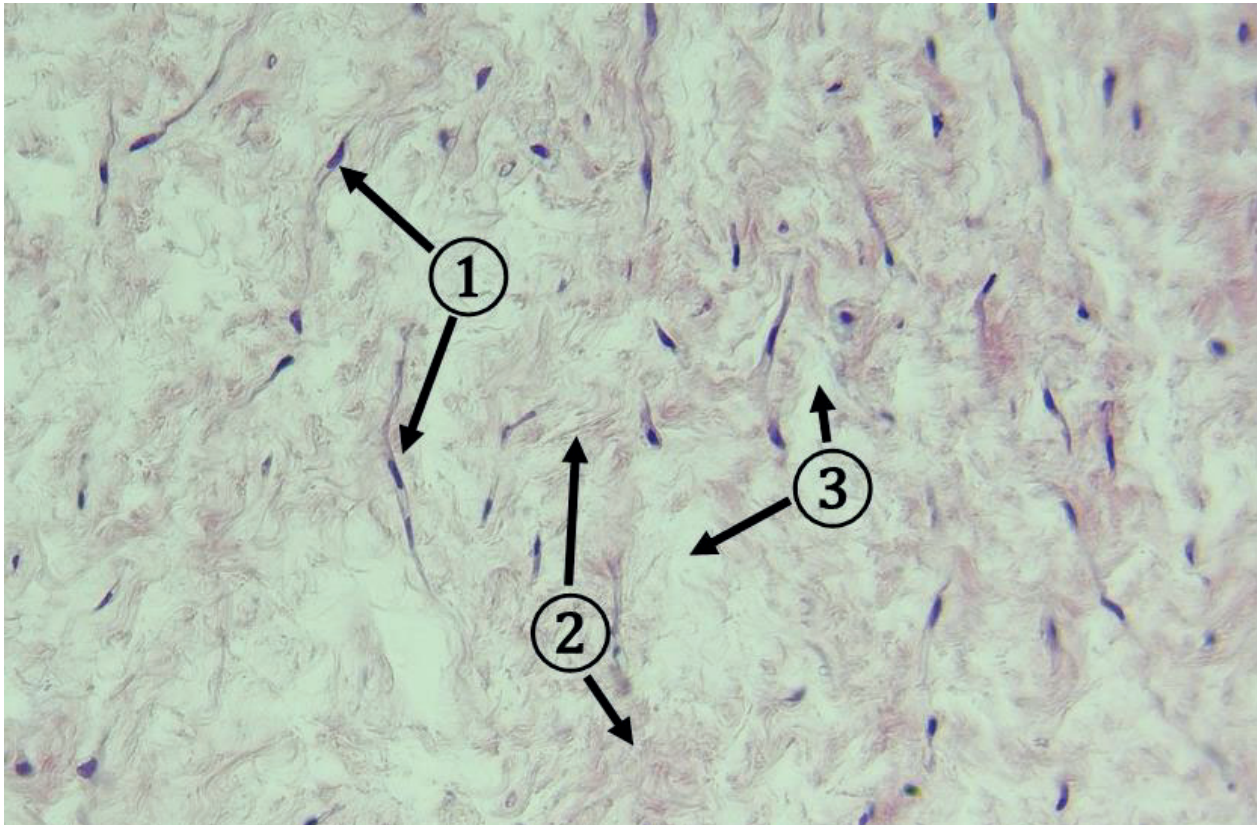
Obr. 5.27 Zahustený mezenchým – diferenciácia buniek na fibroblasty. 1 – husto usporiadané mezenchýmové bunky, 2 – svetlé oválne jadrá fibroblastov a prítomnosť kolagénových vlákien, 3 – kolagénové vlákna sfarbené modro. (Foetus – končatina, farbenie AZAN)



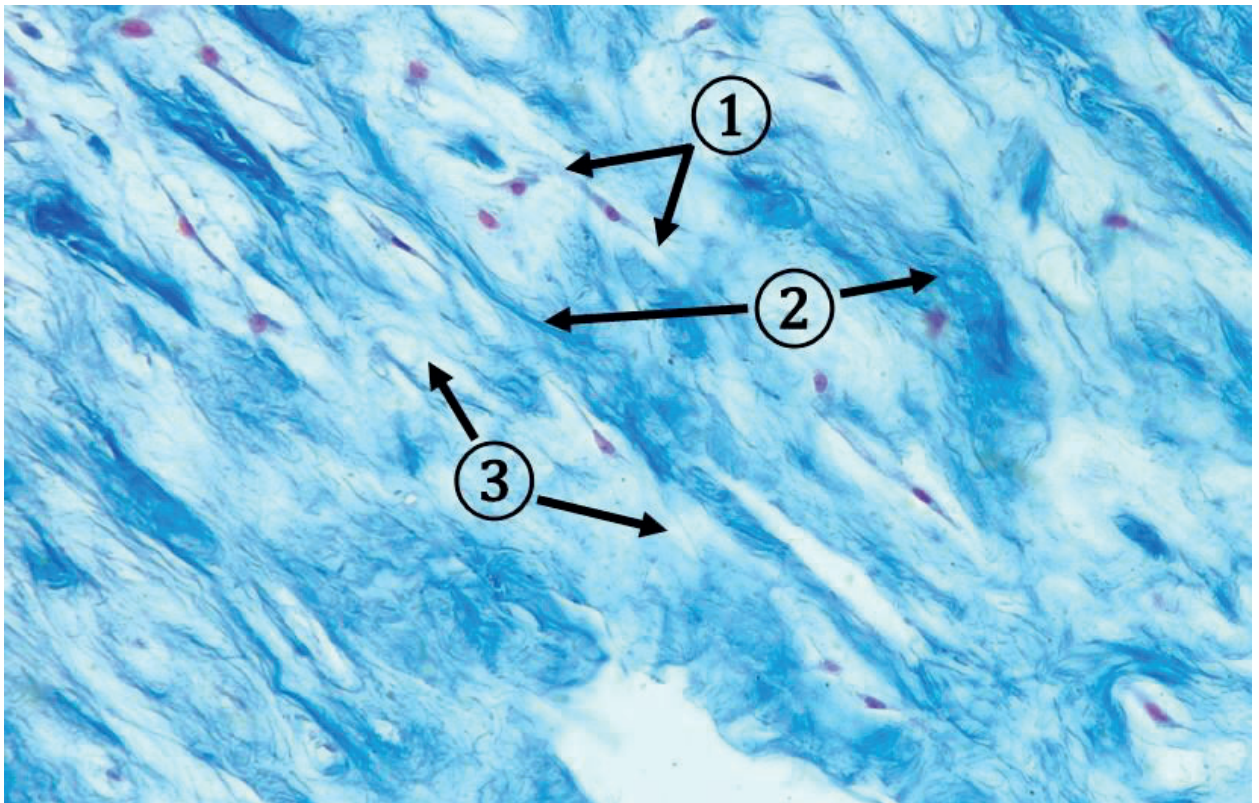
Obr. 5.28 Základné histologické štruktúry pupočníka na priečnom reze. 1 – rôsolovité väzivo, 2 – pupočníková žila, 3 – pupočníkové artérie. (Funiculus umbilicalis, farbenie: HE)



Obr. 5.29 Rôsolovité väzivo pupočníka. 1 – rôsolovité väzivo s tenkými kolagénovými vláknami, 2 – detail fibroblastov, 3 – stena artérie. (Funiculus umbilicalis, farbenie: HE)

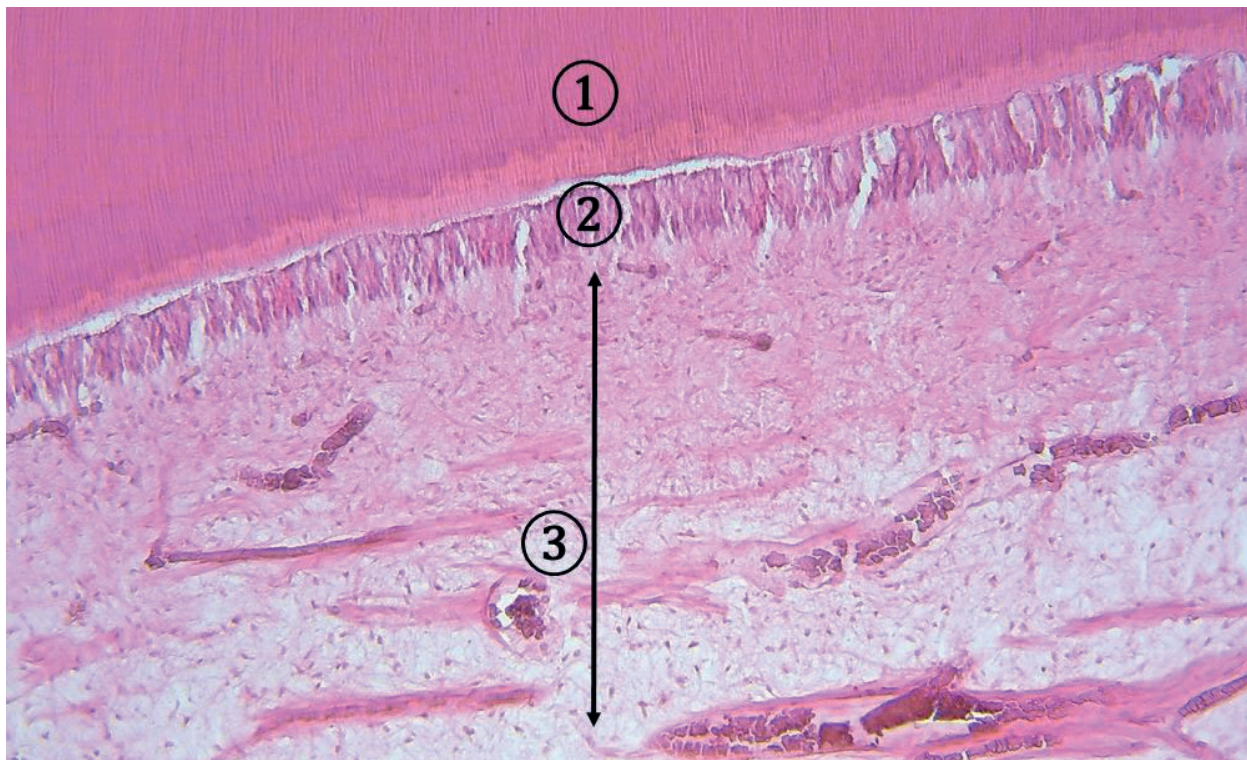


Obr. 5.30 Rôsolovité väzivo - Whartonov rôsol. 1 – štíhle vretenovité fibrocyty, 2 – tenké kolagénové vlákna (eozinofilné), 3 – amorfná medzibunková hmota. (Funiculus umbilicalis, farbenie: HE)

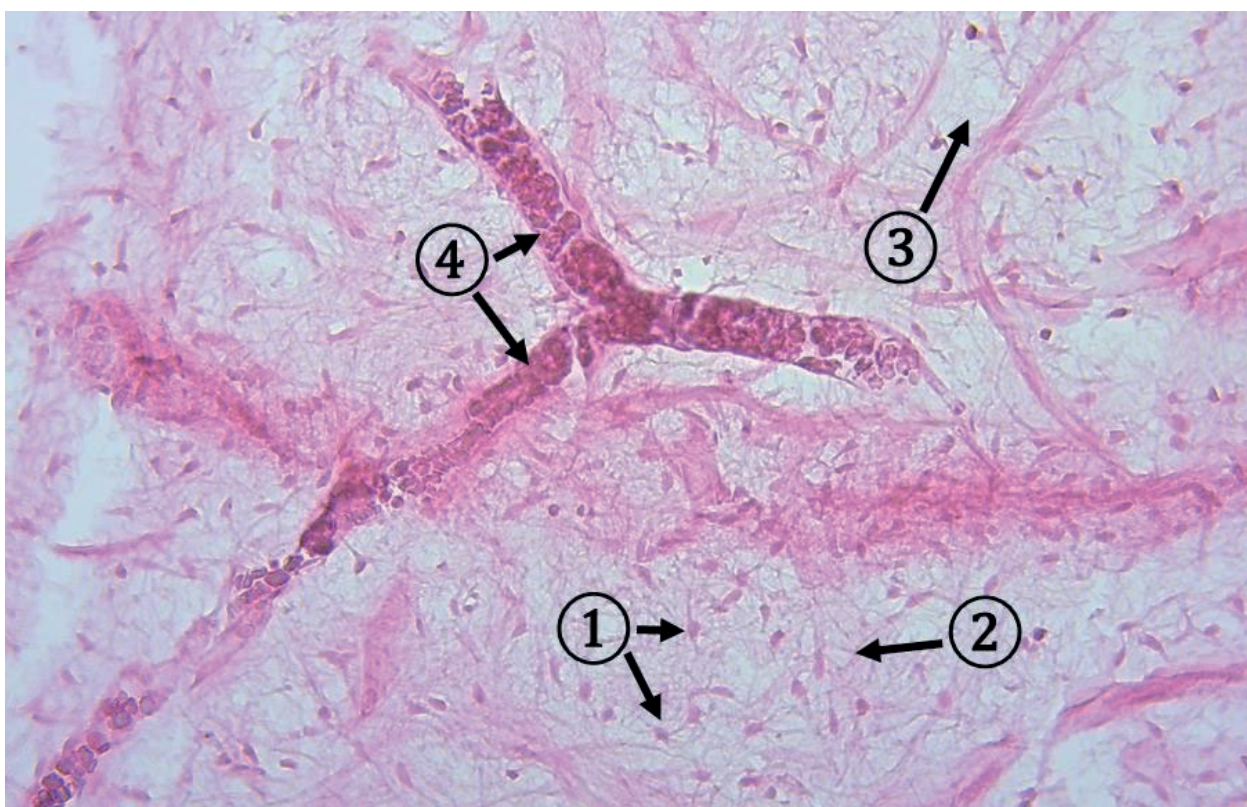


Obr. 5.31 Rôsolovité väzivo - Whartonov rôsol. 1 – štíhle vretenovité fibroblasty, 2 – jemné a tenké kolagénové vlákna (modré), 3 – amorfná medzibunková hmota. (Funiculus umbilicalis, farbenie: AZAN)

U dospelých jedincov sa rôsolovité väzivo nachádza v zubnej pulpe, kde okrem fibroblastov obsahuje histiocyty, lymfocyty ale nikdy neobsahuje tukové bunky. Vo väzive pulpy prebiehajú malé cievy, kapiláry a nervy.



Obr. 5.32 Rôsolovité väzivo zubnej pulpy. 1 – dentín, 2 – odontoblasty, 3 – dreňová dutina vyplnená zubnou pulpou. (Dens, farbenie: HE)



Obr. 5.33 Rôsolovité väzivo zubnej pulpy. 1 – jadrá fibroblastov, 2 – jemné kolagénové vlákna, 3 – amorfná medzibunková hmota, 4 – vetviaca sa krvná cieva (Dens, farbenie: HE).

5.4.3 Kolagénové väzivo

Kolagénové väzivo je najrozšírenejším typom. V medzibunkovej hmote obsahuje hlavne kolagén typu I vo forme tenkých vlákien, alebo hrubých zväzkov. Podľa hrúbky kolagénových vlákien a ich usporiadania, podľa obsahu amorfnej hmoty a typov buniek rozlišujeme: riedke kolagénové väzivo (fibrilárne) a husté kolagénové väzivo (fibrózne, tuhé).

5.4.3.1 Riedke kolagénové väzivo

Riedke kolagénové (areolárne) väzivo je **bohaté na bunky**, hlavne fibroblasty, fibrocyty a histiocyty prítomné napr. v dermis kože (*stratum papillare*). Podľa lokalizácie môže obsahovať aj veľa lymfocytov a plazmatických buniek, napr. vo väzive črevných klkov, v okolí krvných ciev sú prítomné aj mastocyty. Vlákňitú zložku tvoria prevažne **eozinofilne sa farbiace tenké kolagénové vlákna (typ I)**, ale napríklad vo väzive kože sú prítomné aj elastické a retikulárne vlákna, ktoré sa znázorňujú špeciálnymi histologickými farbeniami. Lokálne, tento typ väziva môže podľa funkčného zaťaženia obsahovať väčšie množstvo základnej amorfnej medzibunkovej hmoty. Riedke kolagénové väzivo je veľmi dobre vaskularizované a inervované, nachádza sa pod epitelmi ako podporné tkanivo, obaluje krvné a lymfatické cievy, vyplňa priestory medzi svalovými bunkami a vláknami.

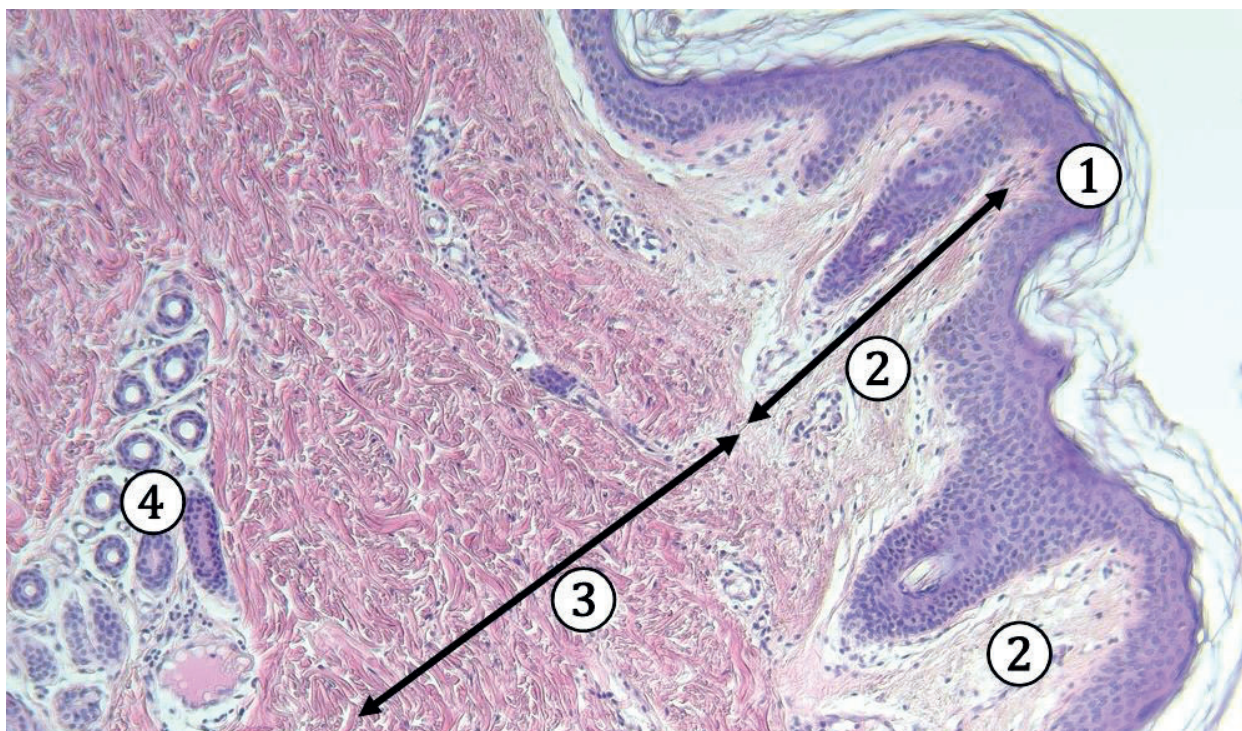
5.4.3.2 Husté (tuhé) kolagénové väzivo

V tomto type väziva prevládajú hrubé kolagénové vlákna (typ I), spájajúce sa do hrubých zväzkov, menej početné fibrocyty alebo fibroblasty a relatívne málo amorfnej hmoty. Tento typ väziva je odolný voči tlaku, ale je menej pružný. Podľa usporiadania kolagénových vlákien rozlišujeme dve formy hustého kolagénového väziva:

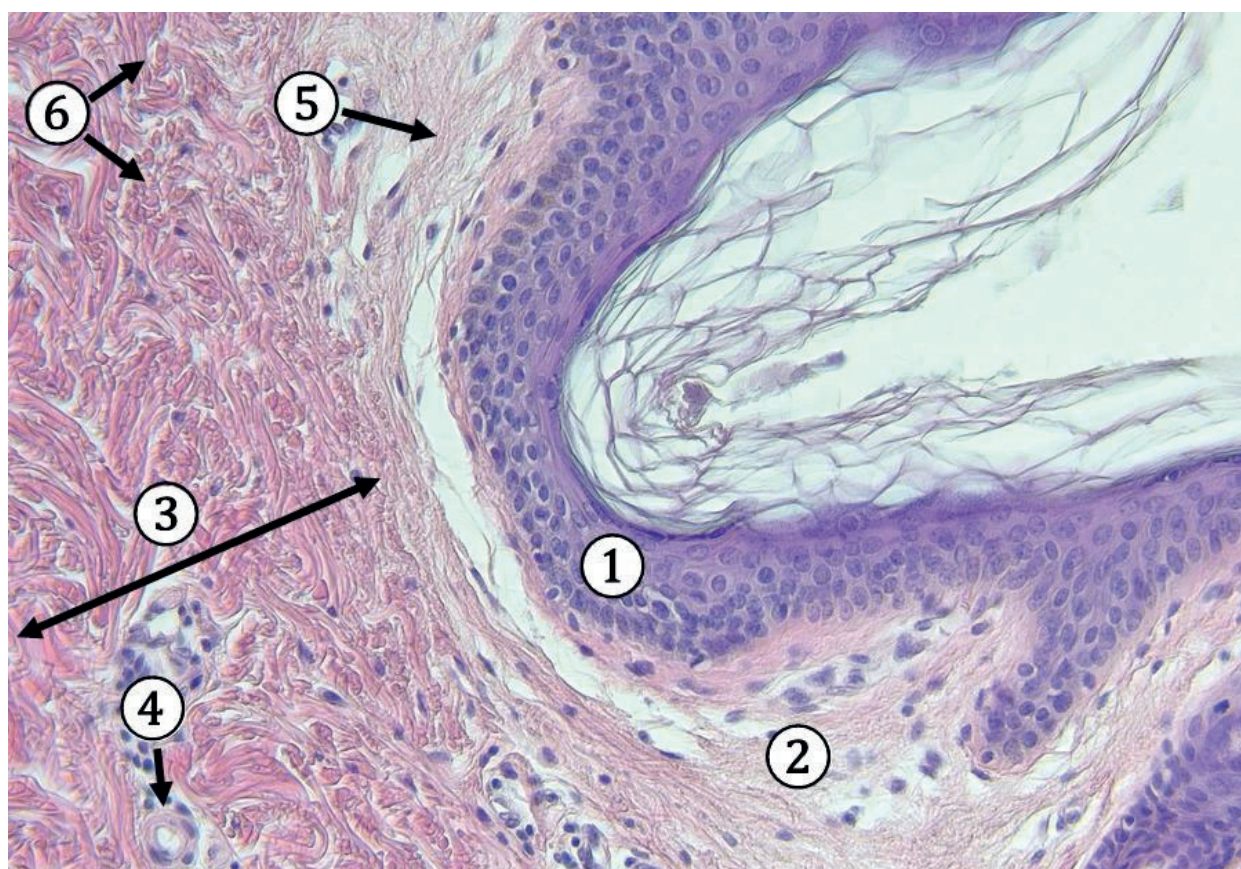
- husté kolagénové väzivo **neusporiadané**
- husté kolagénové väzivo **usporiadané**

Husté kolagénové väzivo neusporiadané

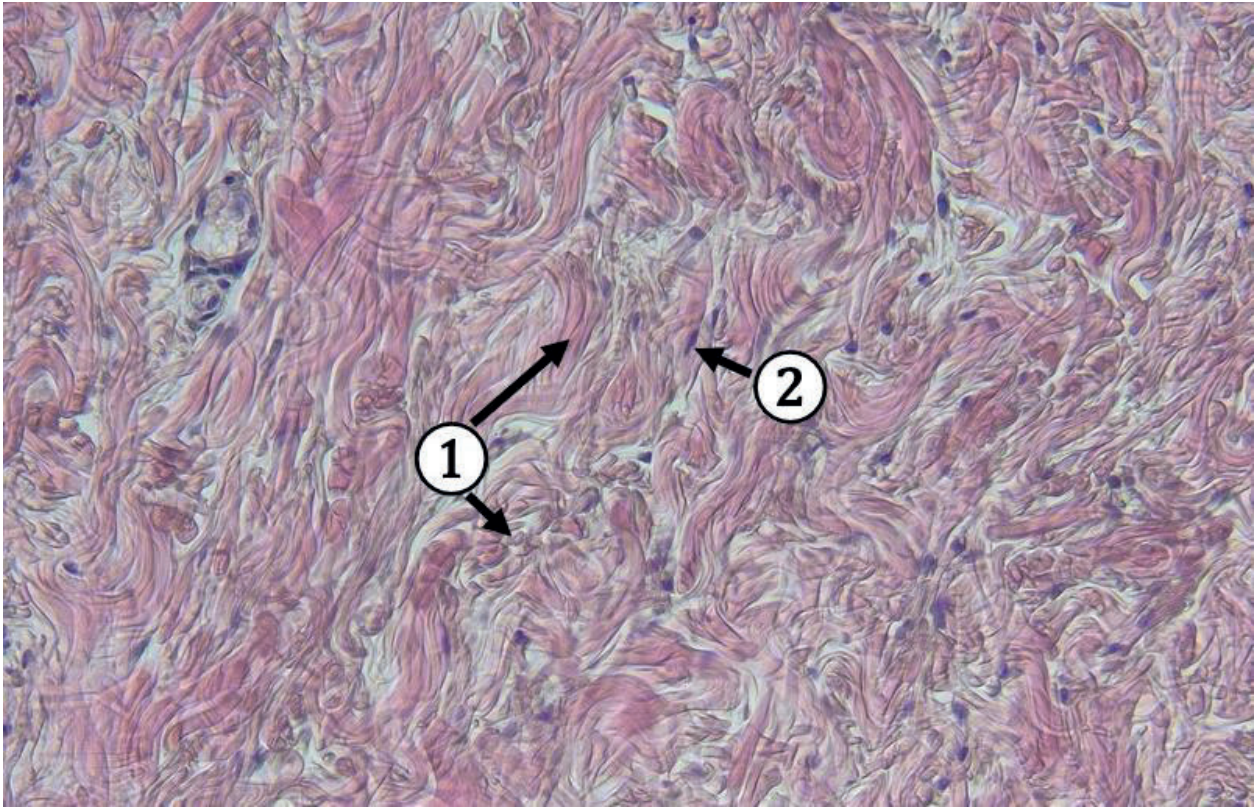
Typickým znakom tohto väziva sú hrubé zväzky kolagénových vlákien, ktoré sa navzájom preplietajú a prebiehajú rôznym smerom, vlákna sú plst'ovito prepletené, a tak vytvárajú trojdimenzionálnu sieť. Najčastejším bunkovým typom sú vretenovité fibrocyty s tmavými štíhlymi jadrami a eozinofilnou cytoplazmou. Fibrocyty sa prikladajú paralelne pozdĺž kolagénových vlákien. Makrofágy sú vretenovité až oválne, s okrúhlymi jadrami. Tento typ neusporiadaného kolagénového väziva nachádzame v dermis kože (*stratum reticulare*) a vo väzivových obaloch niektorých orgánov (pečeň, oblička).



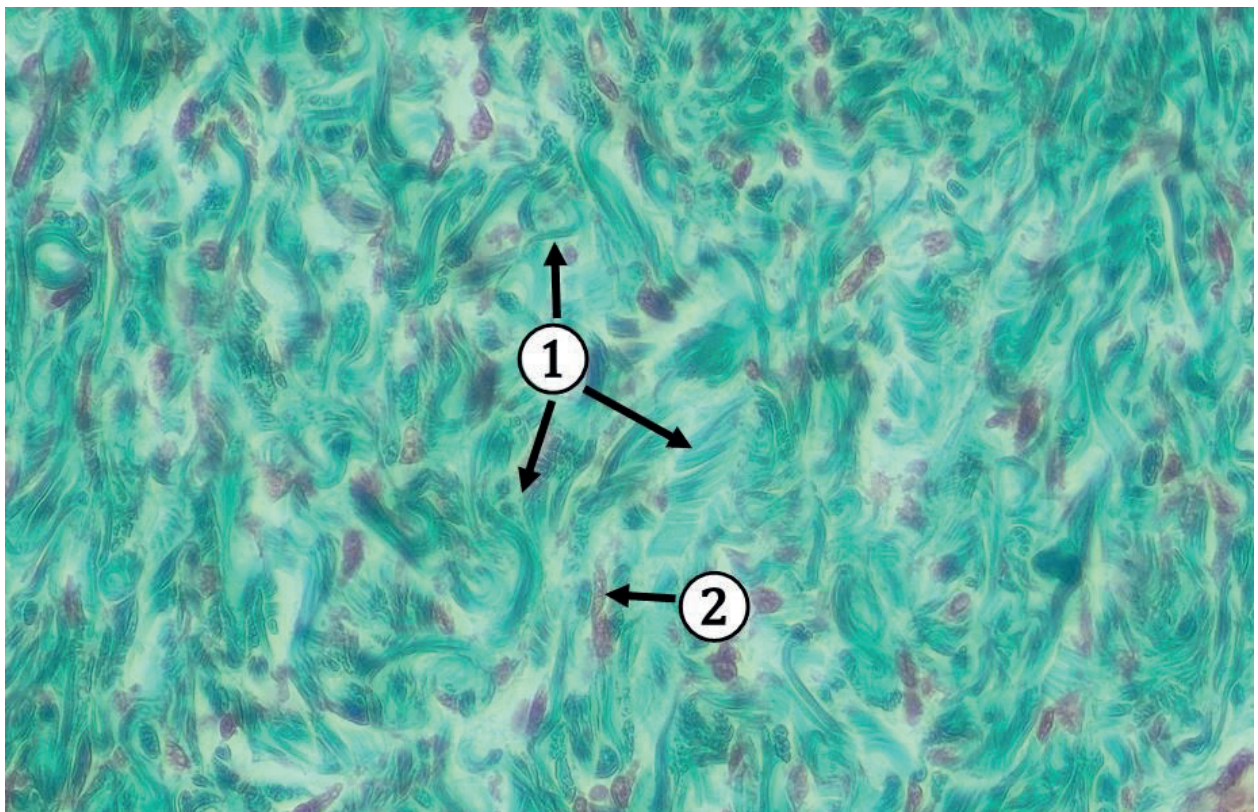
Obr. 5.34 Vázivo kože. 1 - epitel, 2 – stratum papillare corii (riedke kolagénové väzivo), 3 – stratum reticulare dermis (husté kolagénové väzivo neusporiadané), 4 – žľazy kože. (Cutis, farbenie HE)



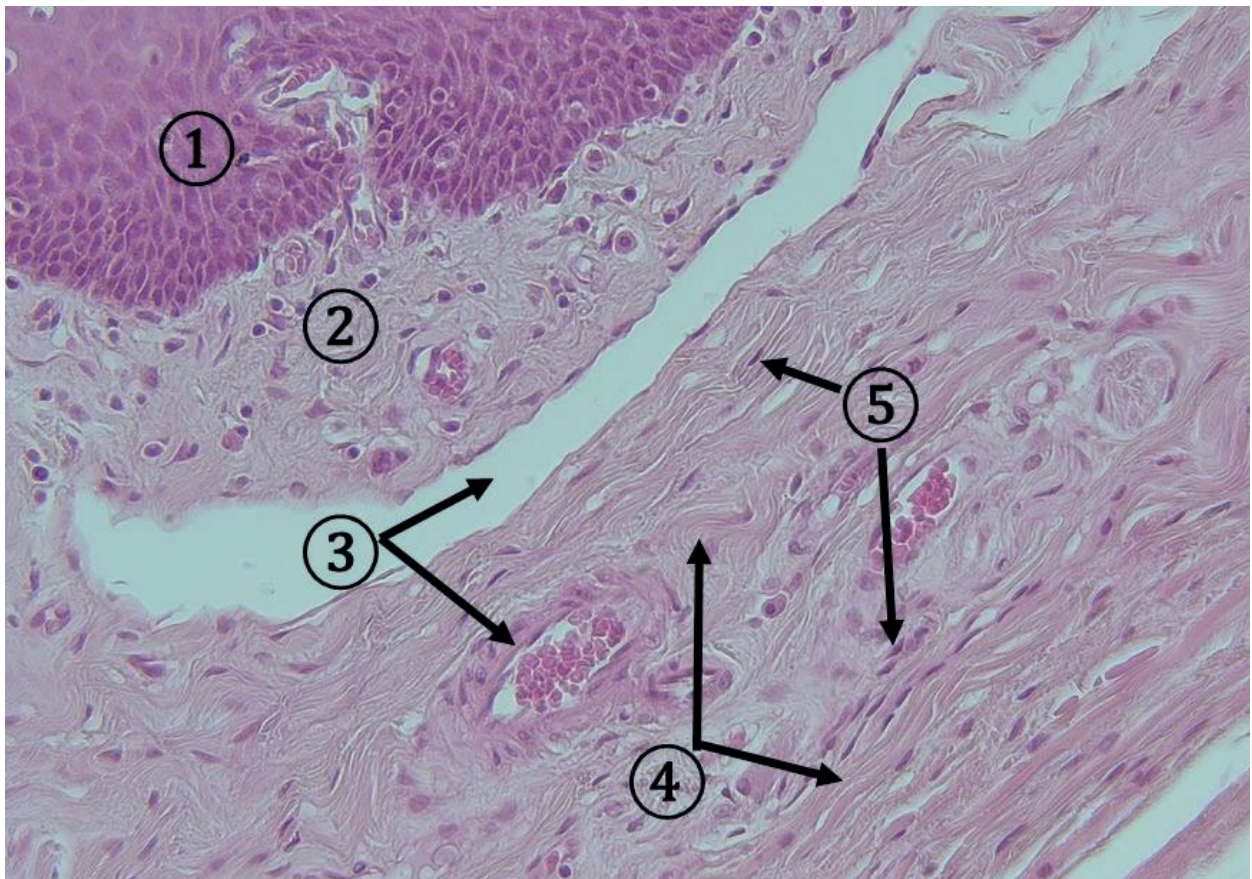
Obr. 5.35 Vázivo kože - detail. 1 - epitel, 2 – stratum papillare corii (riedke kolagénové väzivo), 3 – stratum reticulare dermis (husté kolagénové väzivo neusporiadané), 4 – cieva, 5 – tenké kolagénové vlákna, 6 – hrubé zväzky kolagénových vlákien. (Cutis, farbenie HE)



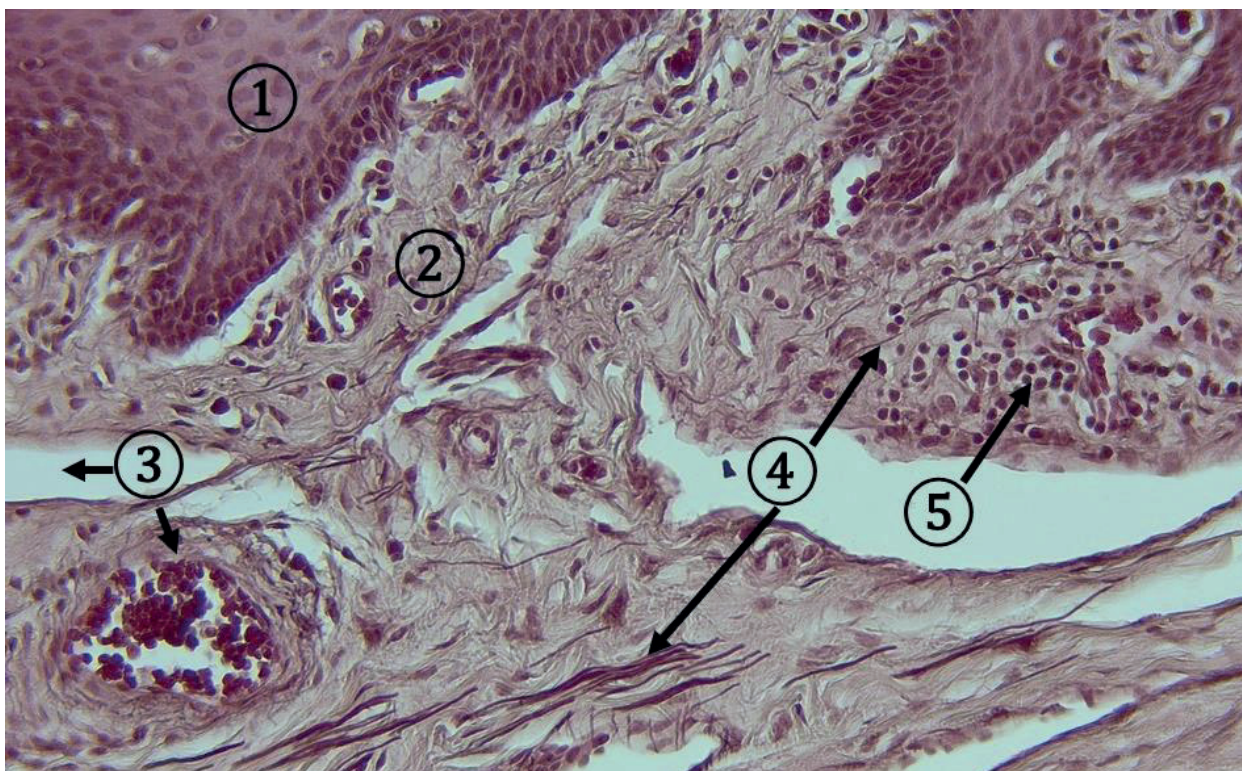
Obr. 5.36 Husté kolagénové väzivo neusporiadané v stratum reticulare dermis. 1 - plst'ovito usporiadané hrubé zväzky kolagénových vlákien, 2 – jadro fibrocytu. (Cutis, farbenie HE)



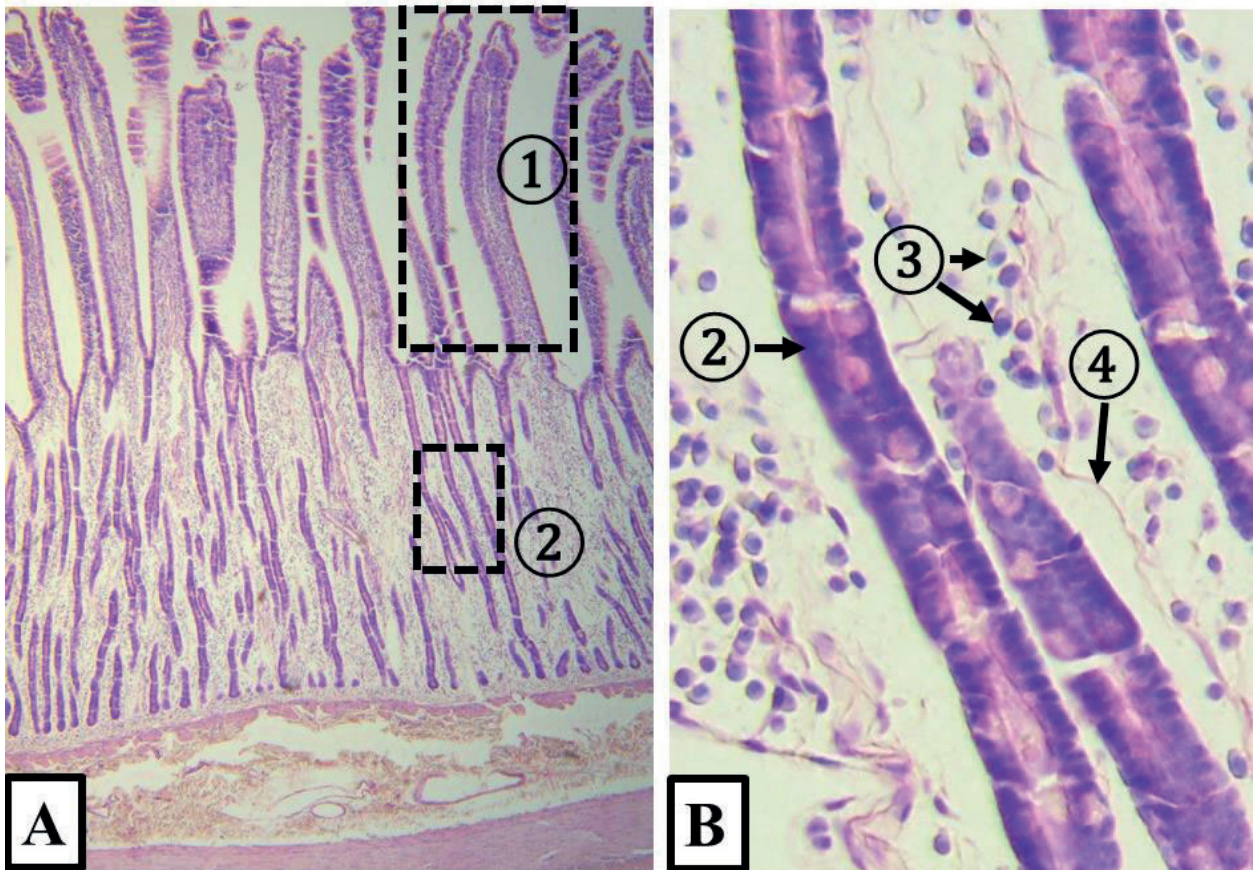
Obr. 5.37 Husté kolagénové väzivo neusporiadané v stratum reticulare dermis. 1 - plst'ovito usporiadané hrubé zväzky kolagénových vlákien, 2 – jadro fibroblastu. (Cutis, farbenie: zelený trichróm)



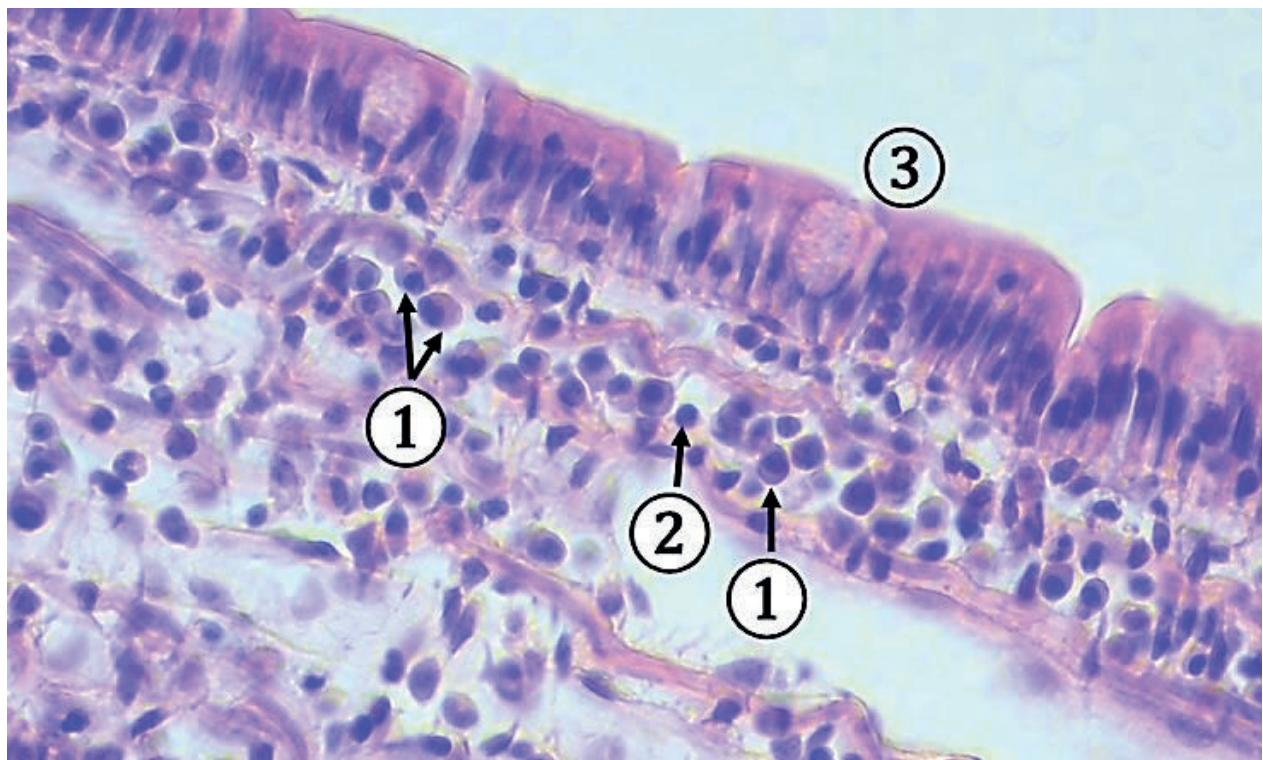
Obr. 5.38 Kolagénové väzivo s eozinofilnými kolagénovými vláknami. 1 – epitel, 2 – riedke kolagénové väzivo, 3 – krvné cievy, 4 – hrubé zväzky kolagénových vláknien v hustom kolagénovom väzive, 5 – štíhle jadrá fibrocytov. (Epiglottis, farbenie HE)



Obr. 5.39 Kolagénové väzivo - znázornenie elastických vláknien. 1 – epitel, 2 – riedke kolagénové väzivo, 3 – cievy, 4 – elastické vlákna, 5 – okrúhle jadrá lymfocytov. (Epiglottis, farbenie: orceín)



Obr. 5.40 Prierez tenkým črevom **A.** 1 – črevný klk, 2 – Lieberkühnove krypty; **B.** Riedke kolagénové väzivo medzi kryptami bohaté na voľné bunky. 3 – plazmatická bunka, 4 – tenké a jemné kolagénové vlákno. (Intestinum tenue, farbenie: HE)

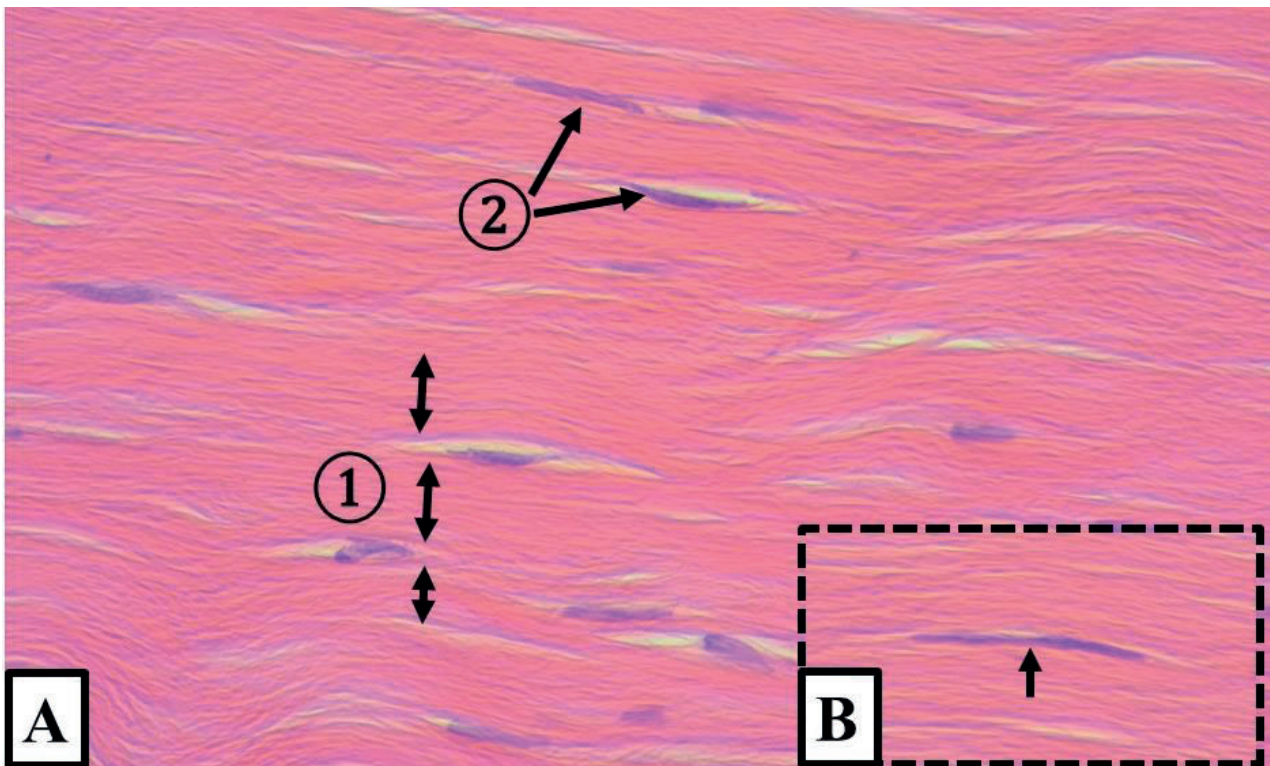


Obr. 5.41 Riedke kolagénové väzivo v črevnom klku bohaté na voľné bunky. 1 – plazmatická bunka, 2 – malý lymfocyt, 3 – jednovrstvový cylindrický epitel s pohárikovými bunkami. (Intestinum tenue, farbenie: HE)

Husté (tuhé) kolagénové väzivo usporiadané

V hustom kolagénovom väzive prebiehajú hrubé zväzky kolagénových vlákien paralelne. Typickým príkladom je štruktúra šľachy (*tendo*). Hrubé zväzky rovnobežných kolagénových vlákien sú spojené s minimálnym množstvom amorfnej hmoty, medzi vláknami sú uložené ploché, hviezdicovité fibroblasty, nazývané *tendinocyty*. Na pozdĺžnych rezoch sa jadrá tendinocytov javia ako štíhle, tyčinkovité. Šľachy pomáhajú pripojiť svalové vlákna k periostu kosti. Povrch šľachy je pokrytý hustým neusporiadaným kolagénovým väzivom, z ktorého prenikajú tenké väzivové septá obalujúce zväzky kolagénových vlákien. V septách sú prítomné cievy a nervy.

Veľmi podobnú štruktúru majú aj ligamentá (väzy). Vo väzivových blanách, fasciách a aponeurózach sa nachádzajú tiež paralelne usporiadané kolagénové vlákna v hrubých zväzkoch. Paralelné hrubé zväzky vlákien s nepravidelnejším usporiadaním nachádzame v tunica albuginea testis, dura mater, v perichondriu chrupky a perioste kosti.

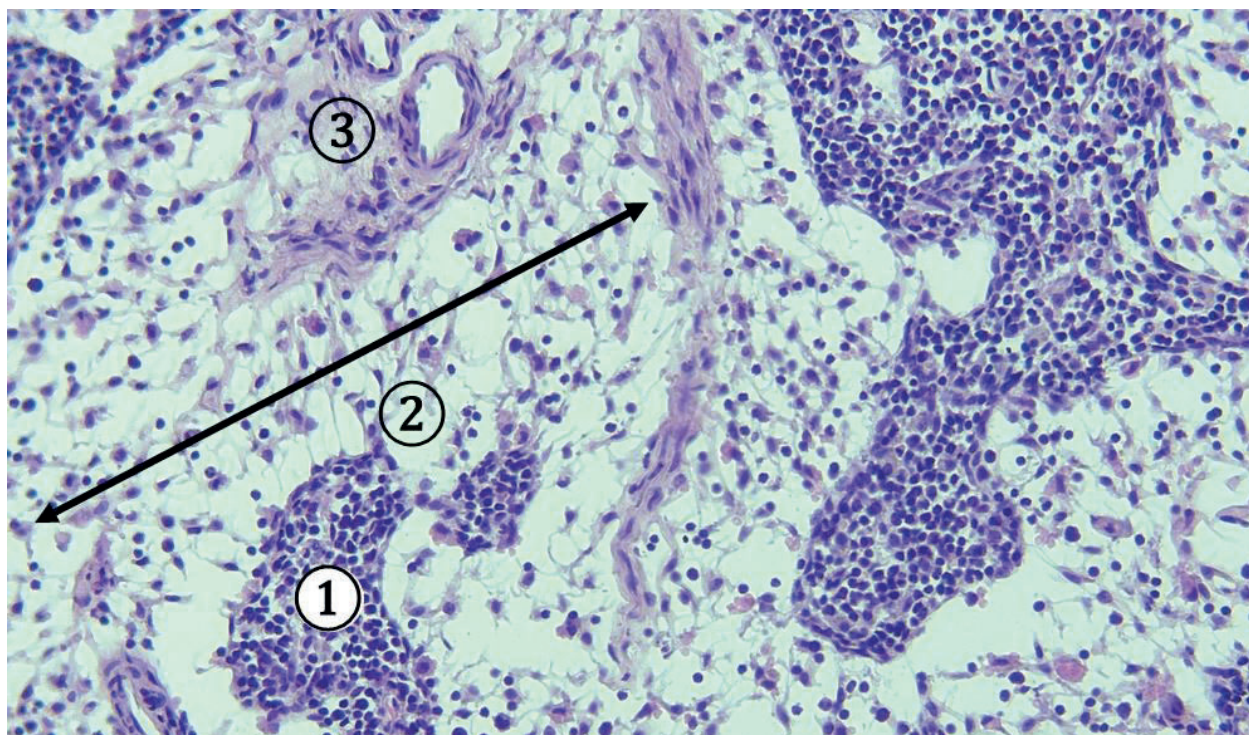


Obr. 5.42 Tuhé kolagénové väzivo usporiadané. A. 1 - paralelné, hrubé zväzky kolagénových vlákien, 2 – štíhle jadrá fibrocytov šľachy (tendinocyty); B. Detail fibrocytu – tendinocytu so štíhlym, tyčinkovitým jadrom. (Tendo, farbenie: HE)

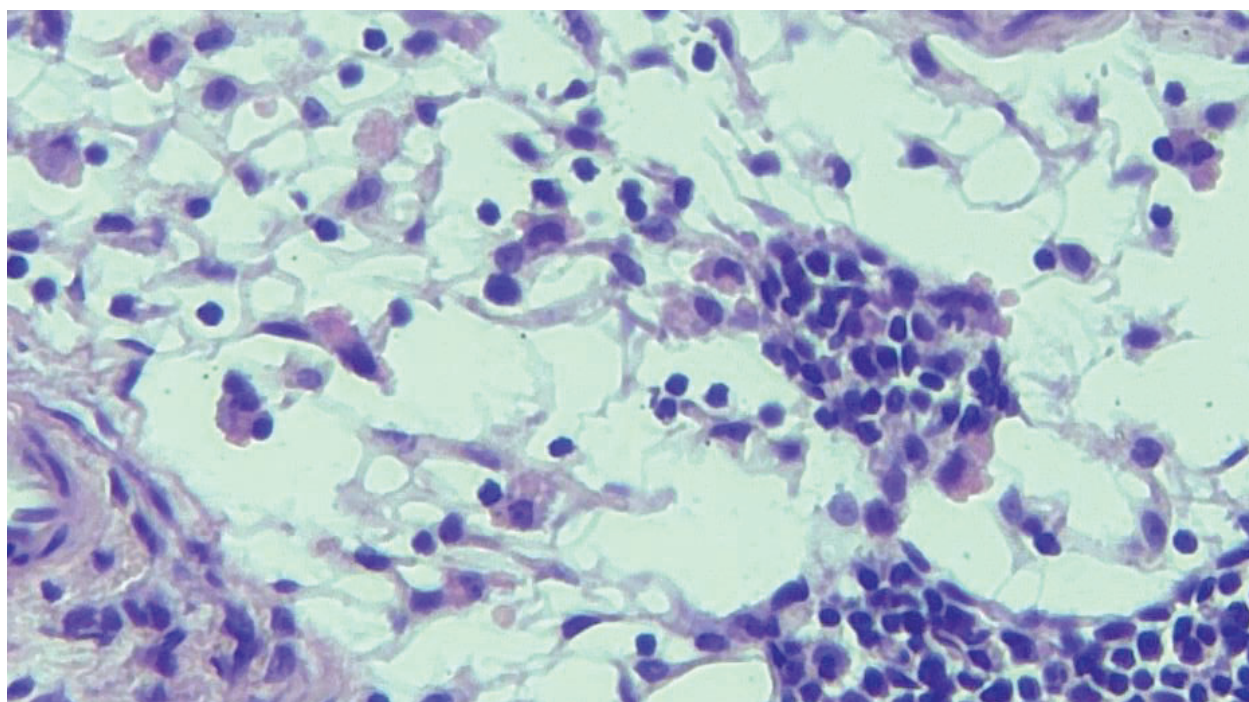
5.4.4 Retikulárne väzivo

Retikulárne väzivo sa skladá z retikulárnych buniek hviezdicovitého tvaru, ktoré sa spájajú svojimi výbežkami. K výbežkom buniek sa pripájajú sieťovito usporiadané retikulárne vlákna (v preparátoch farbených HE nie sú pozorovateľné). Medzi bunkami a vláknami sa nachádza variabilné množstvo amorfnej základnej hmoty.

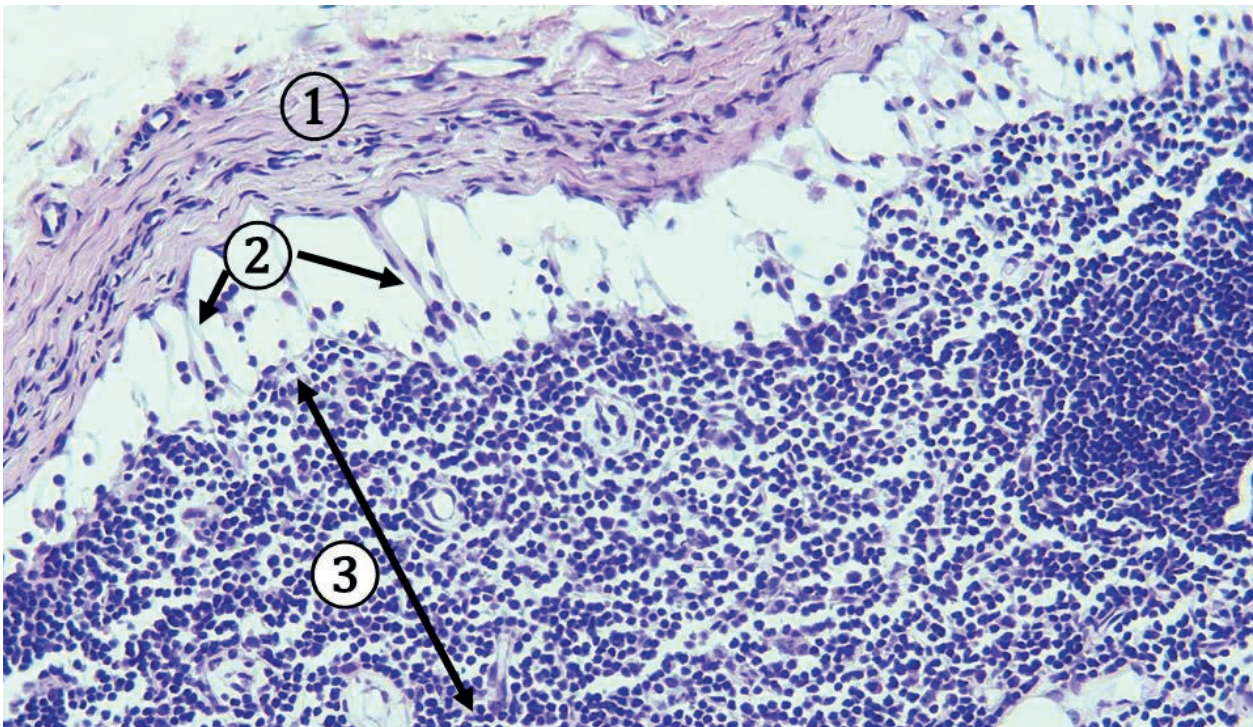
Retikulárne väzivo tvorí nosný substrát napr. pre bunky v kostnej dreni, v slezine a v lymfatických uzlinách vytvára oporný priestor pre voľné bunky (lymfocyty, makrofágy, plazmatické bunky).



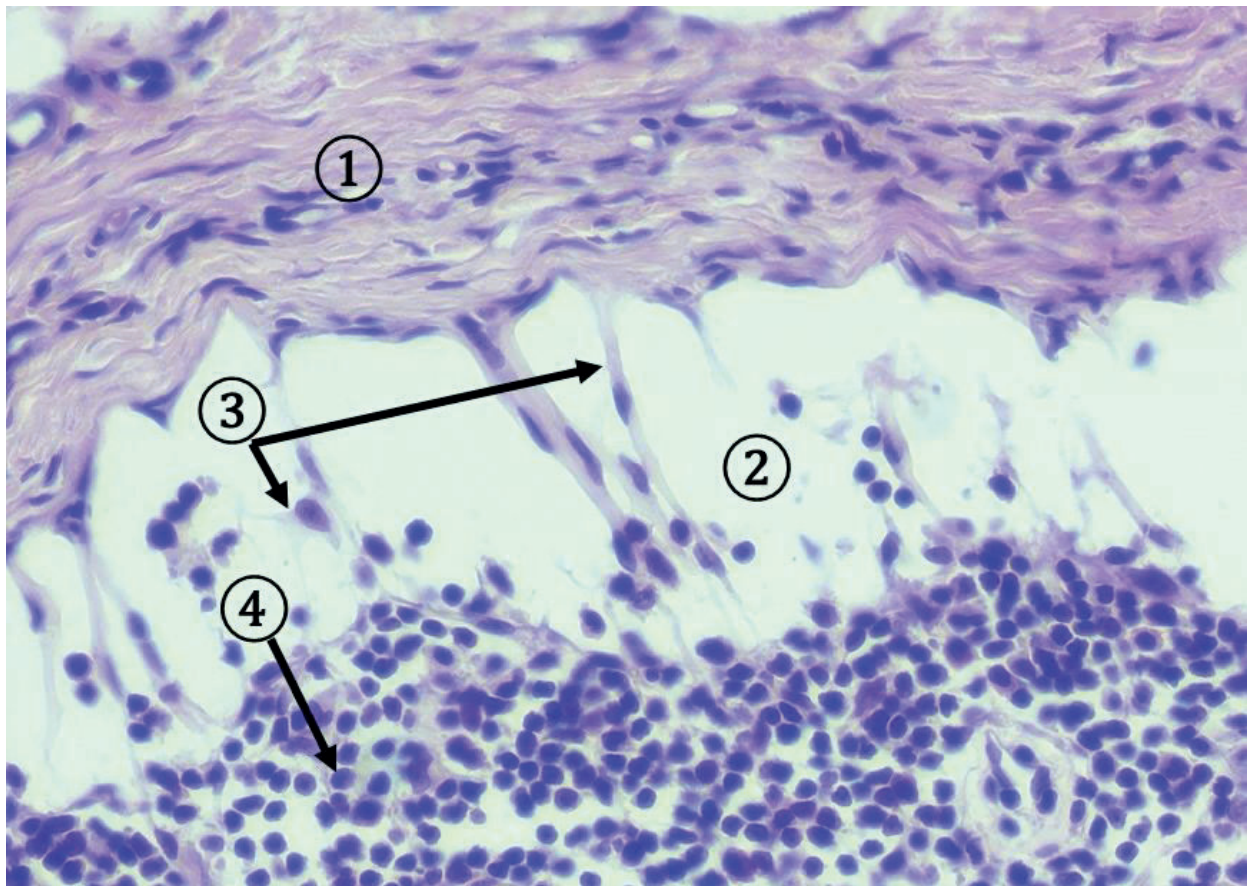
Obr. 5.43 Retikulárne väzivo – dreň lymfatickej uzliny. 1 - lymfocyty usporiadané do povrazcov (chordae medullares), 2 – sieťovito usporiadané retikulárne bunky, 3 - väzivový trámec s cievami. (Lymphonodus, farbenie HE)



Obr. 5.44 Retikulárne väzivo – detail drene lymfatickej uzliny. Sieťovito usporiadané retikulárne bunky. (Lymphonodus, farbenie HE)



Obr. 5.45 Retikulárne väzivo – kôra lymfatickej uzliny. 1 – väzivové puzdro z hustého kolagénového väziva, 2 – retikulárne bunky, 3 – lymfocyty v kôre. (Lymphonodus, farbenie HE)

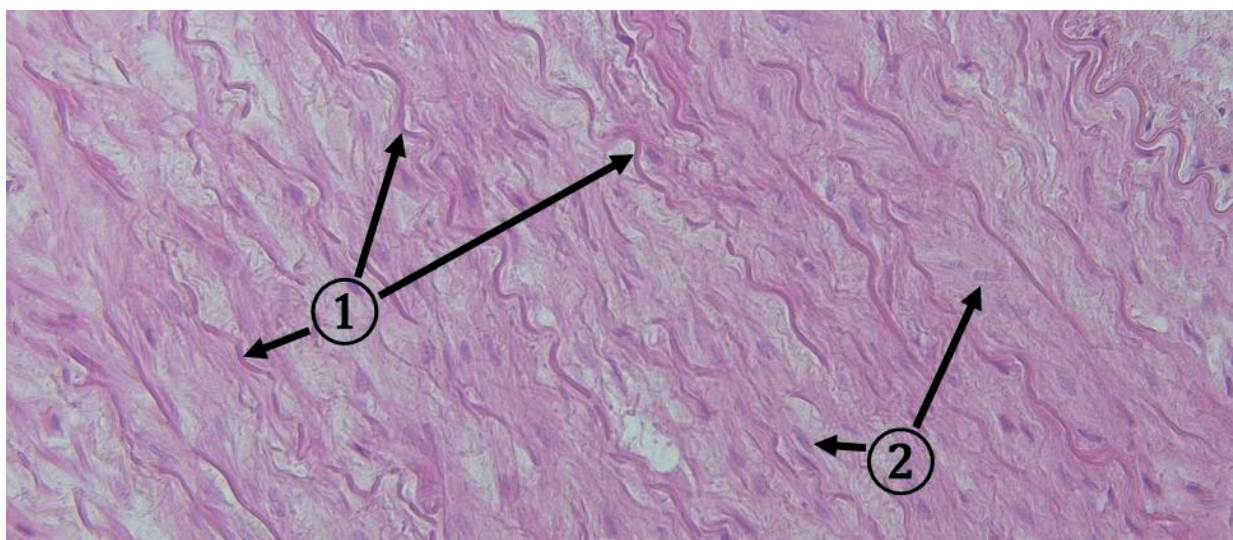


Obr. 5.46 Retikulárne väzivo – detail kôry lymfatickej uzliny. 1 – väzivové puzdro, 2 – subkapsulárny sínus, 3 – retikulárne bunky, 4 – lymfocyty v kôre. (Lymphonodus, farbenie HE)

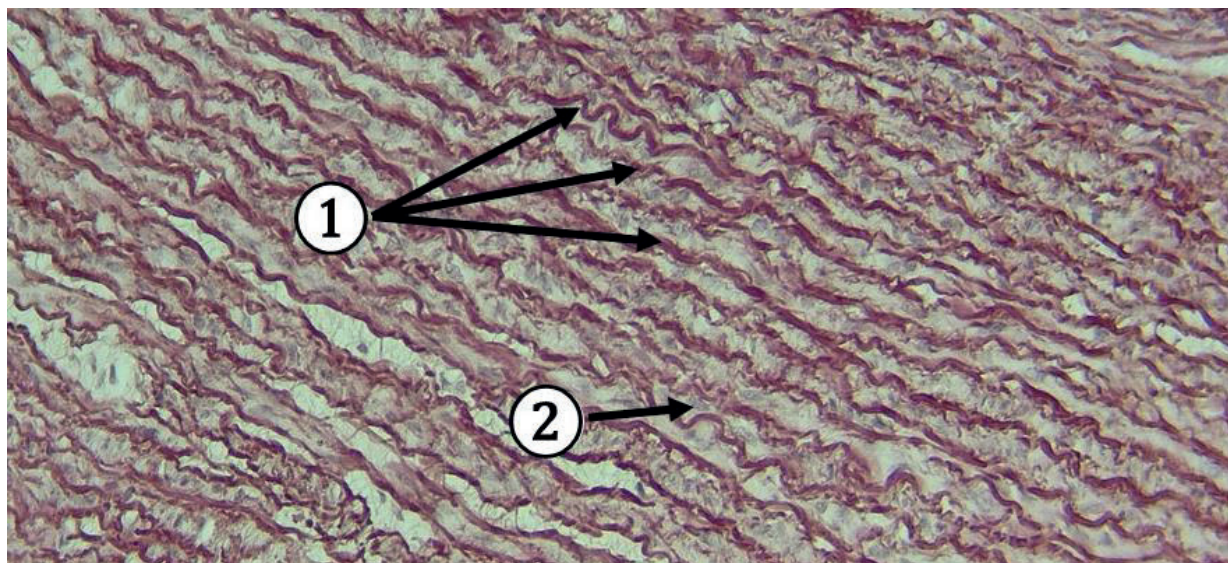
5.4.5 Elastické väzivo

Elastické väzivo sa najčastejšie vyskytuje vo forme **elastických membrán** v *tunica media* elastických artérií. Membrány sú fenestrovane a prebiehajú koncentricky v stene cievy. Medzi membránami sa nachádza amorfná hmota, jednotlivé tenké elastické a kolagénové vlákna. V mikroskopickej anatómii ciev opisujeme aj hladké svalové bunky medzi membránami, ktoré však súvisia s histofyziologickou charakteristikou cievy. Elastické vlákna a membrány sa znázorňujú orceínom.

Druhou formou elastického väziva sú **elastické väzy, ligamentá**: *ligamenta flava*, *ligamentum vocale*, *ligamentum suspensorium penis*. Elastické väzivo tu tvoria hrubé zväzky paralelne orientovaných elastických vlákien, ktoré sú obalené a navzájom spojené pomocou kolagénového väziva, s plochými fibroblastami.



Obr. 5.47 Elastické väzivo. 1 – paralelné elastické membrány, 2 – tyčinkovité jadrá hladkých svalových buniek. (Arteria elastica, farbenie: HE)



Obr. 5.48 Elastické väzivo. 1 – paralelné elastické membrány, 2 – jadrá hladkých svalových buniek v medzibunkovej hmote. (Aorta, farbenie: orceín)

5.4.6 Tukové väzivo

Tukové väzivo sa v organizme vyskytuje v dvoch formách:

- biele tukové väzivo - slüži ako rezervoár energie
- hnedé tukové väzivo – využíva tuky a mastné kyseliny na tvorbu tepla

Biele tukové väzivo

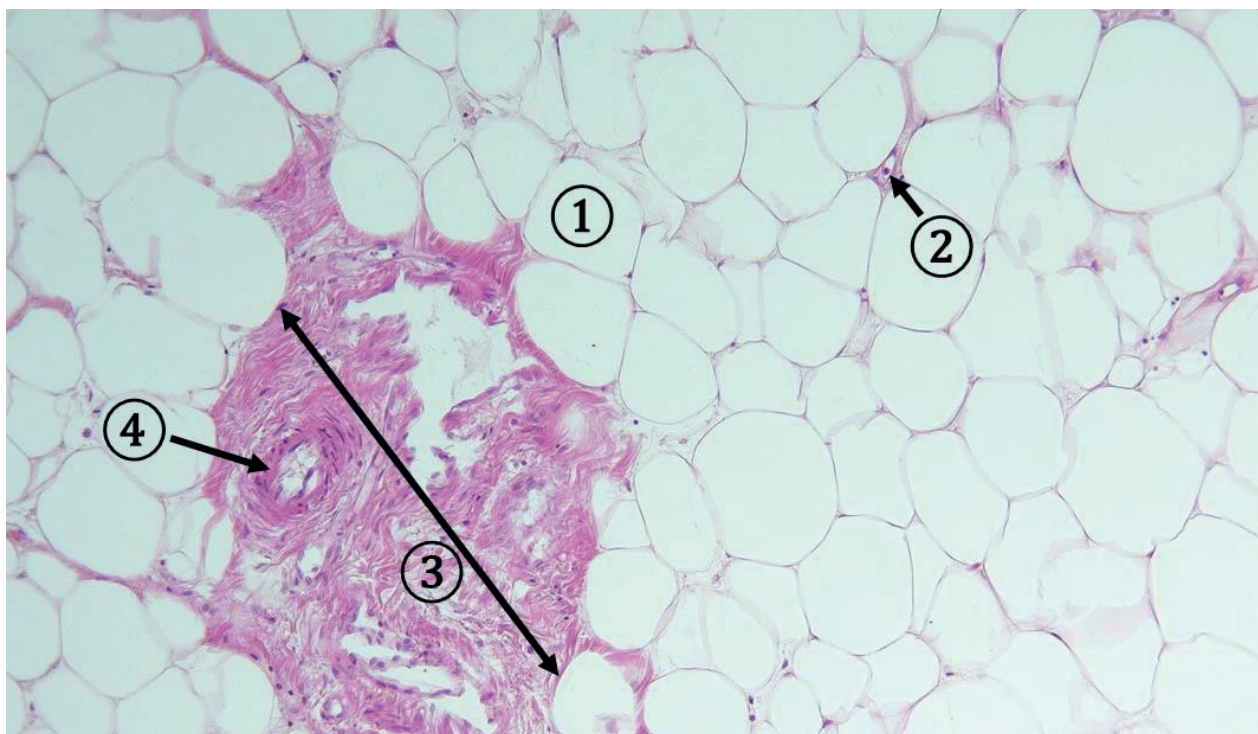
Biele tukové väzivo je zložené najmä z veľkých **univakuolárnych tukových buniek (adipocytov)**, obalených a pospájaných jemnou sieťou retikulárnych vlákien a veľmi malého množstva amorfnej medzibunkovej hmoty. Bunky obsahujú jednu veľkú tukovú vakuolu (kvapôčku), ktorá prirodzene vytláča jadro na okraj bunky (plochý, šošovkovitý tvar jadra). V parafínových rezoch sa tuk v bunkách nezachová, lebo pri procese zalievania do parafínu sa tuk rozpustí a vyplaví z buniek. Preto je tuková vakuola prázna – nesfarbuje sa. Na dôkaz prítomnosti tuku sa využívajú zmrazené rezy, tuk v adipocytoch sa znázorní napr. do červena po farbení Sudanovou červenou. Pôvodne guľaté bunky môžu mať po histologickom spracovaní až polygonálny tvar. V tukovom väzive sa nachádzajú aj histiocyty a pri stene krvných ciev môžu byť prítomné mastocyty a fibroblasty. Tukové väzivo je organizované do lalôčikov, oddelených väzivovými septami z kolagénového väziva. Vo väzive prebiehajú cievy a nervy, ktoré ďalším veľmi bohatým vetvením vytvárajú krvné kapiláry a nervové zakončenia s priamym kontaktom s tukovými bunkami.

Tukové väzivo je dôležitý rezervoár energie pre ľudský organizmus, vytvára mechanickú ochranu pre niektoré orgány (oblička), slüži ako tepelný izolátor (podkožný tuk).

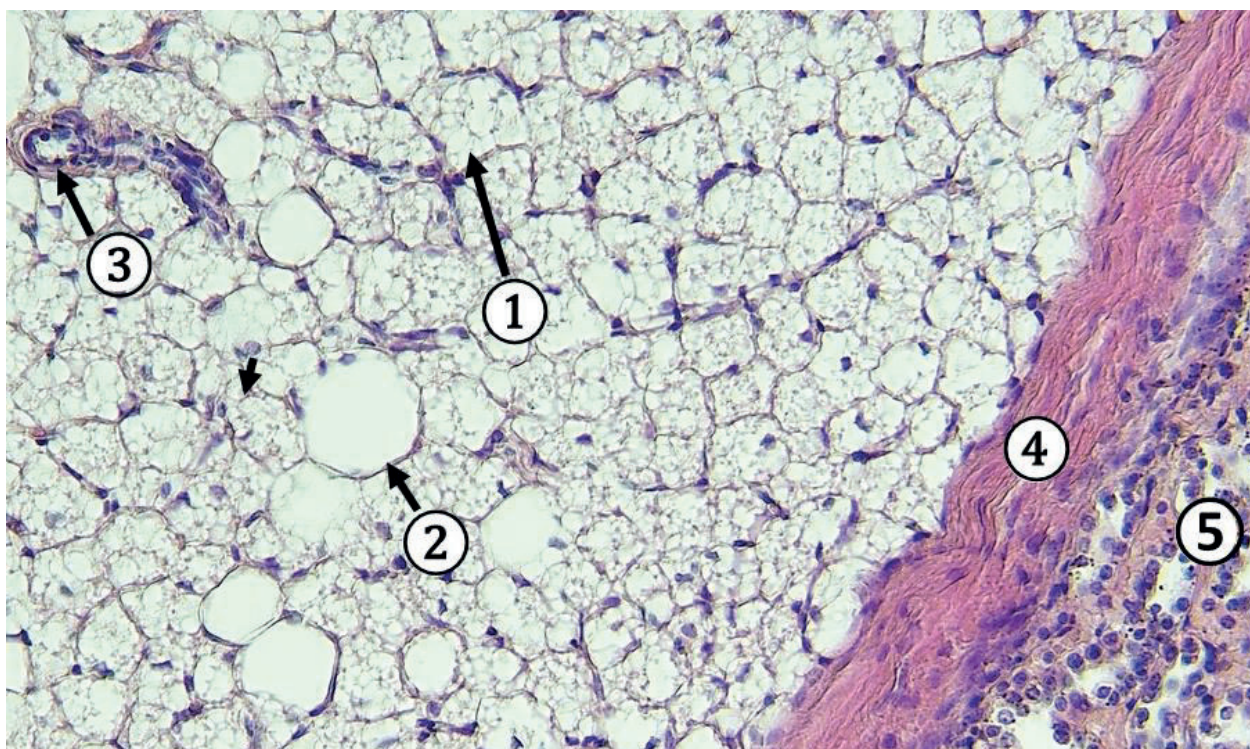
Hnedé tukové väzivo

Hnedé tukové väzivo obsahuje menšie **multivakuolárne tukové bunky**. V ich cytoplazme sa nachádzajú početné drobné tukové vakuoly (kvapôčky), početné mitochondrie, jadro je oválne, uložené centrálné alebo mierne excentricky. Okolo tukových buniek sa nachádza malé množstvo retikulárnych vlákien a amorfnej medzibunkovej hmoty. Tukové väzivo je veľmi dobre vaskularizované a inervované. Okolo krvných kapilár novorodencov sa nachádza veľké množstvo multivakuolárnych adipocytov. Zhluky adipocytov vytvárajú lalôčiky, oddelené väzivovými septami.

Hnedé tukové väzivo je makroskopicky červenohnedé, u novorodencov tvorí 2 – 5 % celkovej hmotnosti a slüži na produkciu tepla a ohrievanie krvi. Je lokalizované medzi lopatkami a v oblasti obličiek. U dospelých jedincov sa zachová menšie množstvo napr. v okolí obličiek, pozdĺž aorty a vo väzive mediastina.



Obr. 5.49 Biele tukové väzivo. 1 – univakuolárna tuková bunka, 2 – kapiláry obklopujúce tukové bunky, 3 – väzivová priehradka, 4 – krvná cieva. (Textus adiposus, farbenie HE)



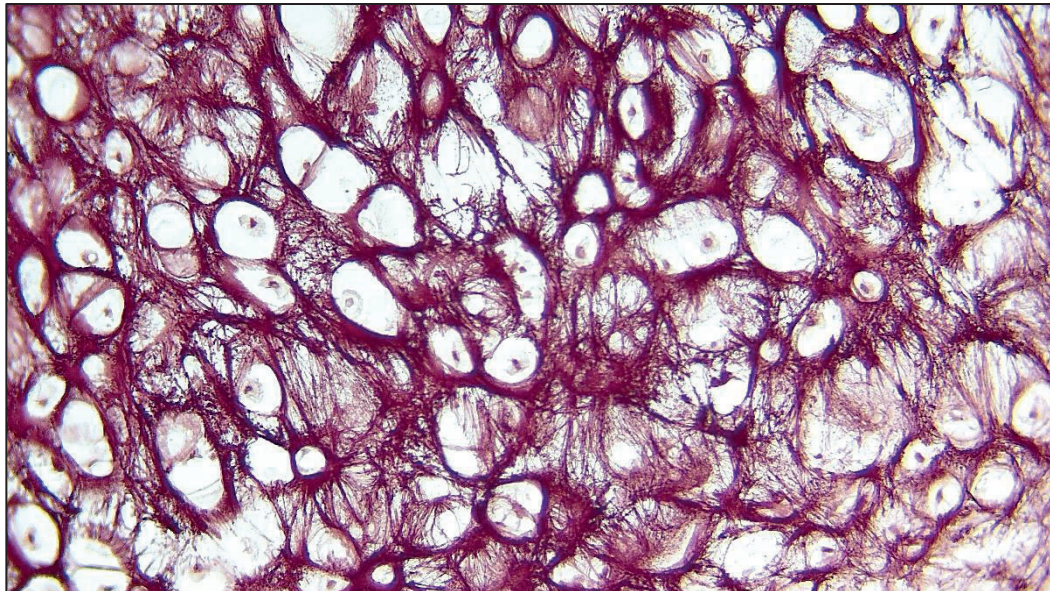
Obr. 5.50 Hnedé tukové väzivo. 1 – multivakuolárna tuková bunka, 2 – univakuolárna tuková bunka, 3 – krvná cieva, 4 – väzivové puzdro obličky z hustého kolagénového väziva, 5 – parenchým obličky. (Ren, farbenie HE)

Literatúra

- ADAMKOV, M. *Introduction to Functional Histology*, Turany: Tlačiareň P+M, 2016.
- BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.
- KAPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.
- KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.
- MECHÍROVÁ, E. a kol.: *Histológia*, Aprilla, 2007.
- PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
- VACEK, Z. Z.: *Histológia a histologická technika*, Osveta, 1990.
- VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

6 CHRUPKOVÉ TKANIVO

MVDr. Viera Eliášová



6.1 Všeobecná charakteristika chrupky

6.2 Hyalínová chrupka

6.3 Elastická chrupka

6.4 Vázivová chrupka

6 CHRUPKOVÉ TKANIVO

6.1 Všeobecná charakteristika chrupky

Chrupka je špecializovaná forma spojivového tkaniva. Je pevná, pružná, odolná voči mechanickým vplyvom. Na jej povrchu sa nachádza **perichondrium** tvorené hustým kolagénovým väzivom, ktoré spevňuje a vyživuje chrupku. Vo väzive perichondria sa nachádzajú cievy a nervy. Chrupka je zložená z buniek a medzibunkovej hmoty. Bunky chrupky sú: **chondroblasty** vznikajúce diferenciaciou z buniek perichondria, **chondrocyty** syntetizujúce extracelulárny matrix (ECM), v ktorom sú zaliate a **chondroklasty** vyskytujúce sa pri chondrogénnej osifikácii. Vlákňitú zložku tvorí: hlavne kolagén typu II, kolagén typu I alebo elastické vlákna. Amorfná zložka je tvorená: **glykosaminoglykánmi** (GAG) – kyselinou hyalurónovou, keratánsulfátom, chondroitínsulfátom, **proteoglykánmi** (PG) – agrekanom, biglykanom a **štrukturálnymi glykoproteínmi** – chondronektínom.

Rast chrupky prebieha prostredníctvom:

- intersticiálnej proliferácie – mitotickým delením chondrocytov v centre chrupky
- apozície – diferenciaciou nových chondroblastov z buniek perichondria.

6.2 Hyalínová chrupka (*cartilago hyalina*)

Hyalínová chrupka je najčastejšie sa vyskytujúcou chrupkou v ľudskom tele. Je súčasťou dýchacích ciest, rastovej platničky, tvorí prevažnú časť dočasného skeletu vyvíjajúceho sa plodu, pokrýva kĺbové plochy pohyblivých kĺbov, u dospelých tvorí ventrálne konce rebier. Na povrchu je pokrytá perichondriom, okrem chrupky lokalizovanej na kĺbových plochách, kde perichondrium chýba a výživa chrupky je zabezpečená synoviálnou tekutinou. Perichondrium pozostáva z dvoch vrstiev:

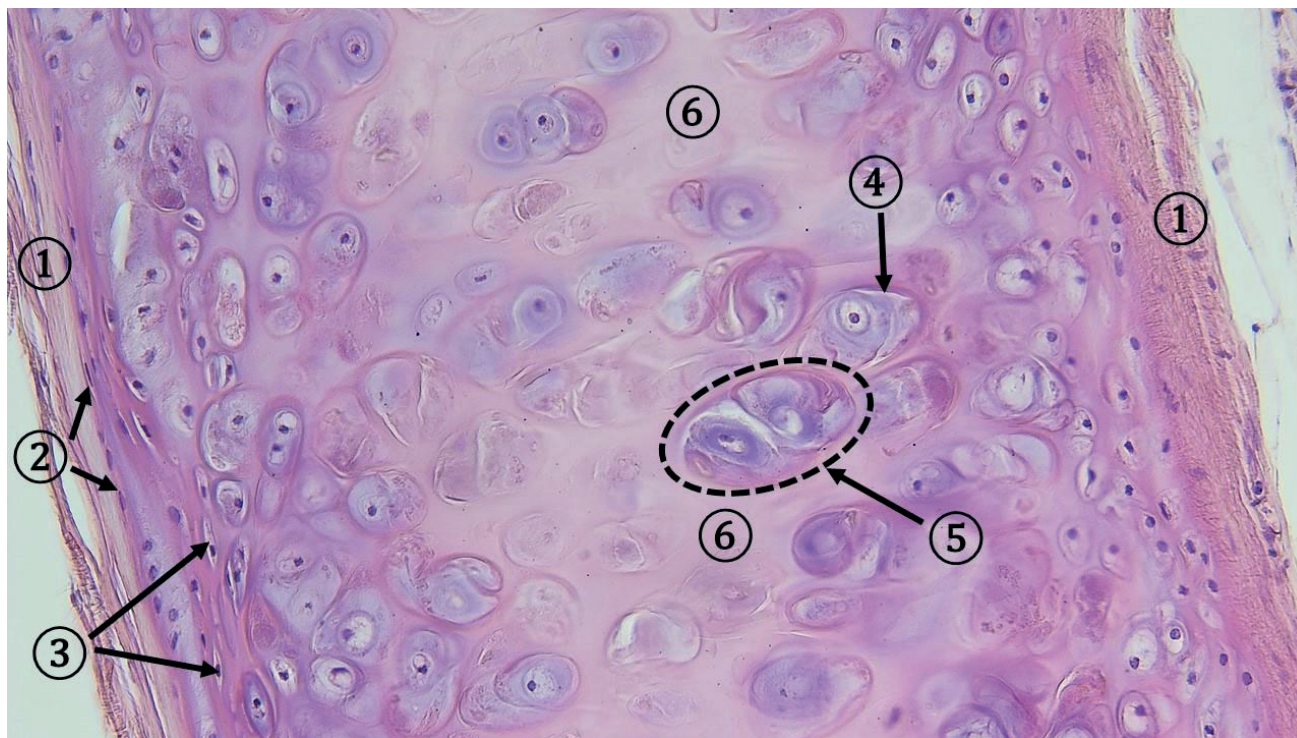
- vonkajšej vláknitej vrstvy (*stratum fibrosum*), zloženej z hustého kolagénového väziva, tvoreného prevažne kolagénom typu I, fibroblastami a fibrocytmi
- vnútornej bunkovej vrstvy (*stratum chondrogenicum*), obsahujúcej chondroblasty, ktoré sa postupne diferencujú v chondrocyty.

Hranica medzi perichondriom a hyalínovou chrupkou je neostrá.

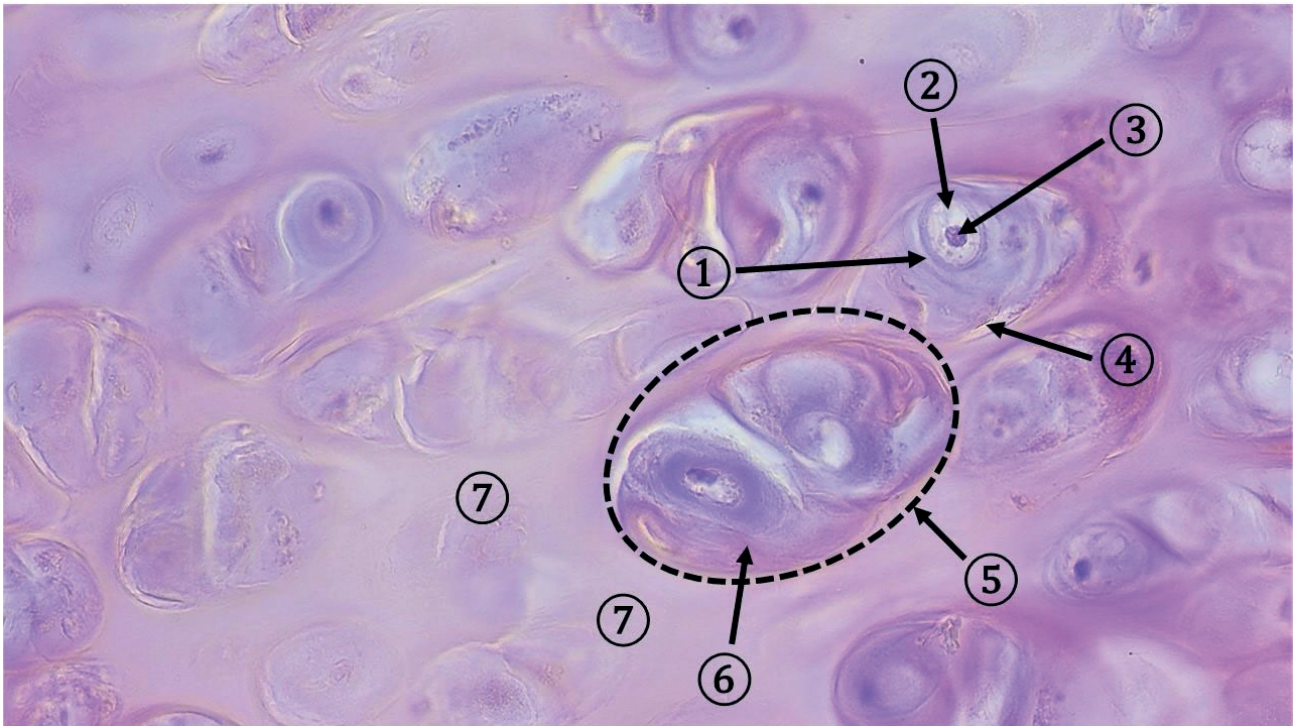
Chondroblasty sú malé vretenovité bunky, nachádzajúce sa na periférii chrupky pod perichondriom. **Chondrocyty** sú uložené v chrupkových dutinkách (*lacunae cartilagineae*). V periférnych oblastiach chrupky majú oválny tvar, hlbšie uložené chondrocyty sú okrúhle. Na povrchu majú výbežky, ktoré zväčšujú ich rezorpčný povrch. Majú dobre vyvinuté GER a Golgiho komplex, glykogén a lipidové kvapôčky.

Chondrocyty sa počas tvorby chrupky mitoticky delia a vznikajú tak oválne izogenetické skupiny (3-8 buniek), alebo vytvárajú izogenetické rady (pri osifikácii). Cytoplazma chondrocytov obsahuje veľa vody, a tak pri histologickom spracovaní chrupky dochádza k miernemu scvrknutiu buniek v lakúnach. Chondrocyty v histologických preparátoch pri nešetrnom spracovaní môžu mať až hviezdicovitý tvar. Základná medzibunková hmota, ktorá bezprostredne obklopuje izogenetické skupiny sa nazýva **teritoriálny matrix** (TTM) alebo **kapsulárny matrix**. Obsahuje veľa glykosaminoglykánov (GAG), ktoré spôsobujú výraznú bazofíliu.

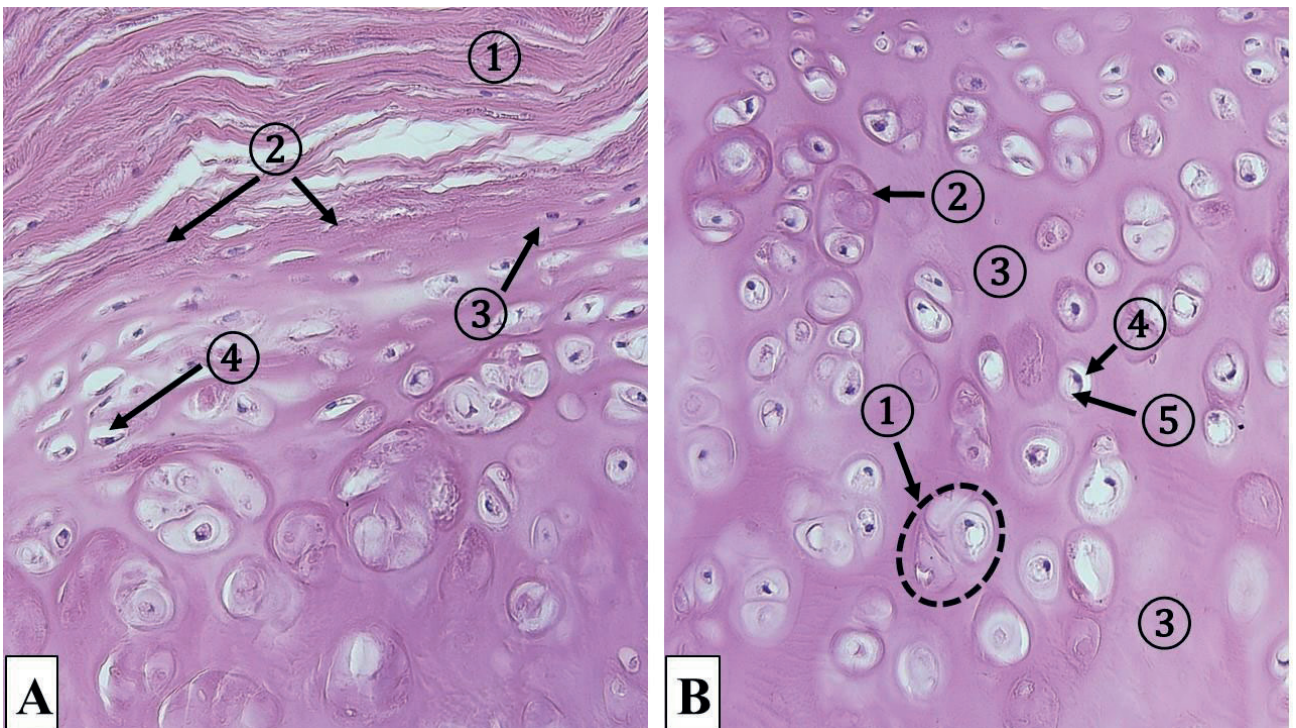
Izogenetická skupina chondrocytov spolu s TTM vytvára **chondrón**. Základnú hmotu medzi chondrónmi tvorí svetlejší **interteritoriálny matrix** (ITM), ktorý obsahuje menej GAG a viac kolagénových fibríl. Sfarbenie ITM sa môže líšiť podľa obsahu kolagénových fibríl a výskytu proteínov (slabo bazofilné až acidofilné). Vlákniť zložka medzibunkovej hmoty je tvorená kolagénom typu II (kolagénové fibrily), ktoré v svetelnom mikroskope nevidíme, pretože sú pod rozlišovacou schopnosťou svetelného mikroskopu a zároveň sú maskované amorfnou medzibunkovou hmotou.



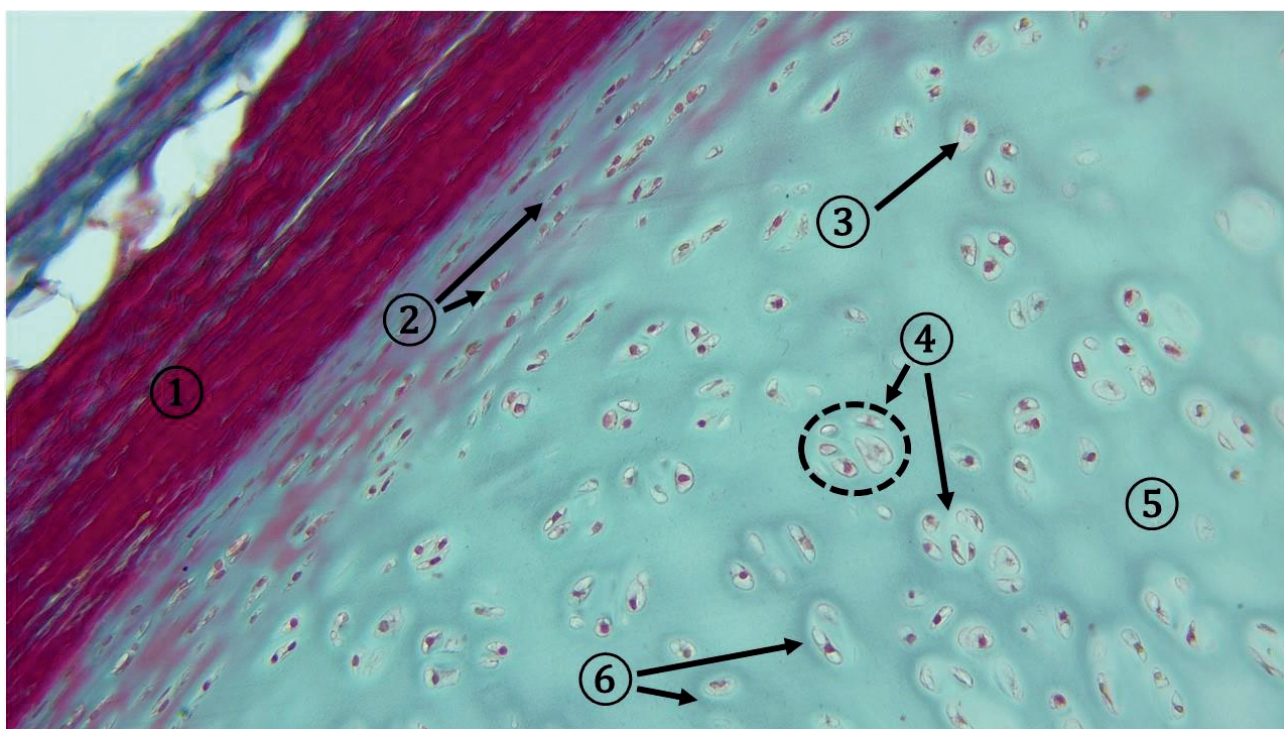
Obr. 6.1 Hyalínová chrupka. 1 – perichondrium, 2 – fibroblasty, 3 – chondroblasty, 4 – lakúna s chondrocytom, 5 – izogenetická skupina, 6 – interteritoriálny matrix. (Trachea, farbenie: HE)



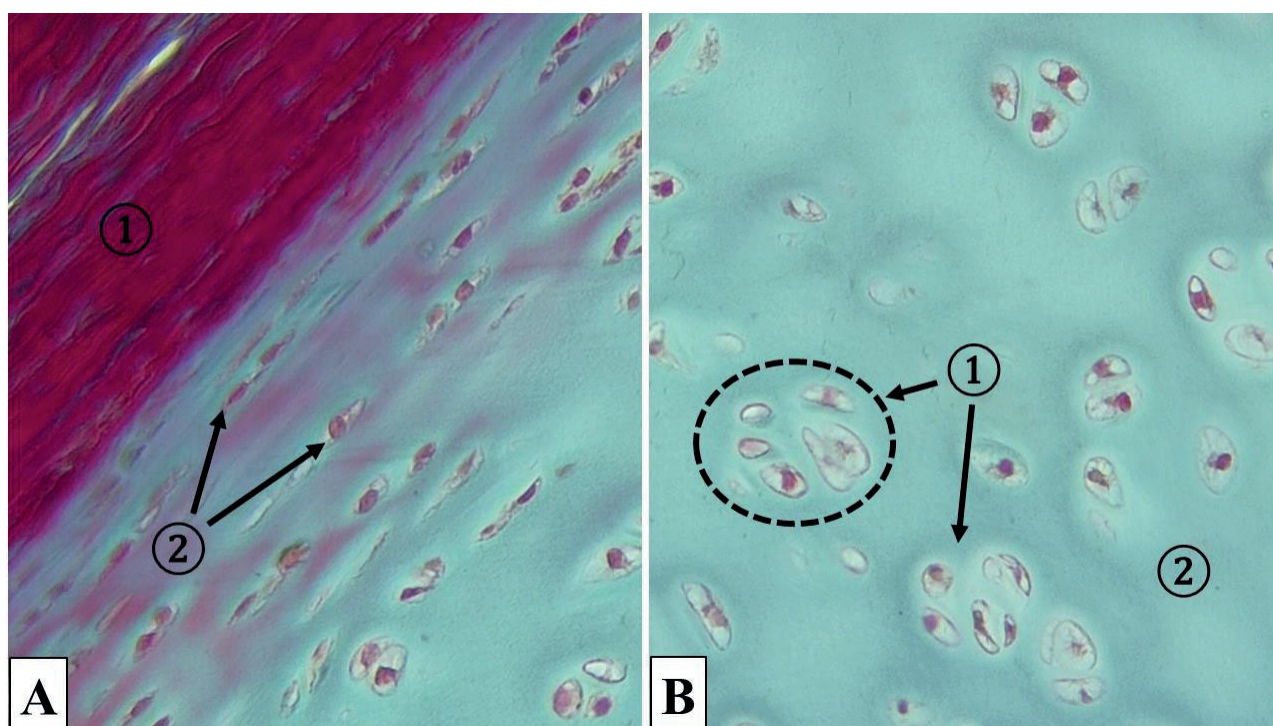
Obr. 6.2 Hyalínová chrupka. 1 – cytoplazma chondrocytu, 2 – jadro chondrocytu, 3 – jadierko chondrocytu, 4 – lakúna chondrocytu, 5 - izogenetická skupina, 6 – teritoriálny matrix, 7 – interteritoriálny matrix. (Trachea, farbenie: HE)



Obr. 6.3 Hyalínová chrupka. **A.** 1 – perichondrium – tuhé kolagénové väzivo, 2 – fibroblasty, fibrocyty, 3 – chondroblast, 4 – lakúna chondroblastu. **B.** 1 – izogenetická skupina chondrocytov, 2 – bazofilný teritoriálny matrix, 3 – interteritoriálny matrix, 4 – lakúna chondrocytu, 5 – chondrocyt v lakúne. (Trachea, farbenie: HE)



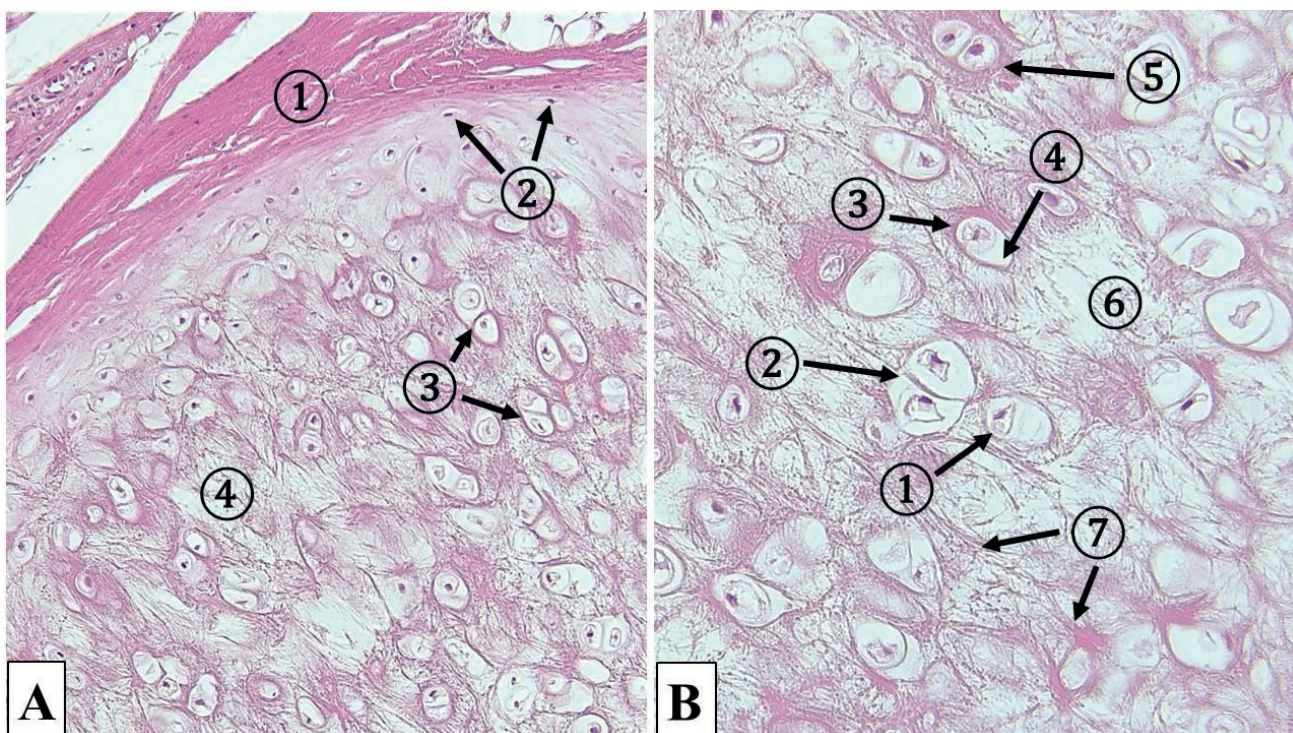
Obr. 6.4 Hyalínová chrupka. 1 – perichondrium – tuhé kolagénové väzivo, kolagénové vlákna sú zafarbené na červeno, 2 – chondroblasty, 3 – chondrocyt, 4 – oválne izogenetické skupiny zložené z chondrocytov, 5 – interteritoriálny matrix, 6 – teriteritoriálny matrix. (Trachea, farbenie: zelený trichróm podľa Goldnera)



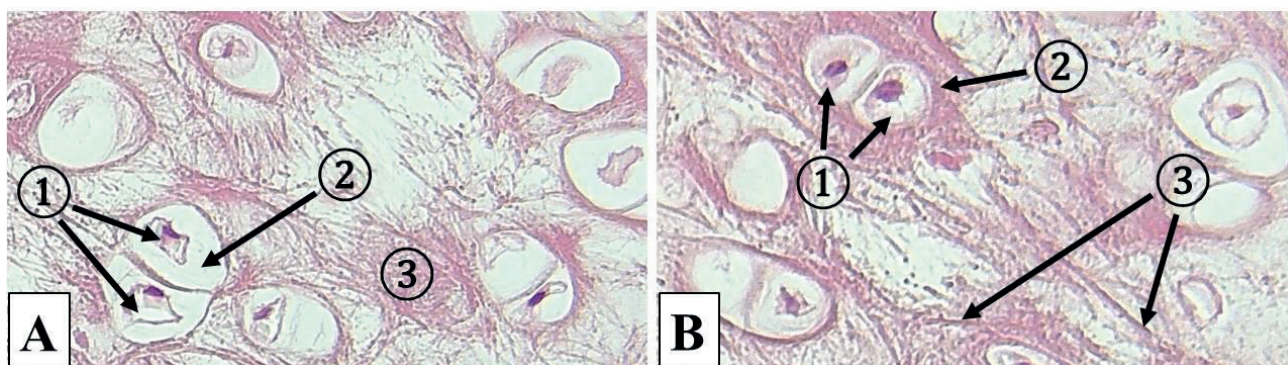
Obr. 6.5 Hyalínová chrupka. **A.** 1 – perichondrium, 2 - vretenovité chondroblasty. **B.** 1 – oválne izogenetické skupiny zložené z chondrocytov, 2 – interteritoriálny matrix. (Trachea, farbenie: zelený trichróm podľa Goldnera)

6.3 Elastická chrupka (*cartilago elastica*)

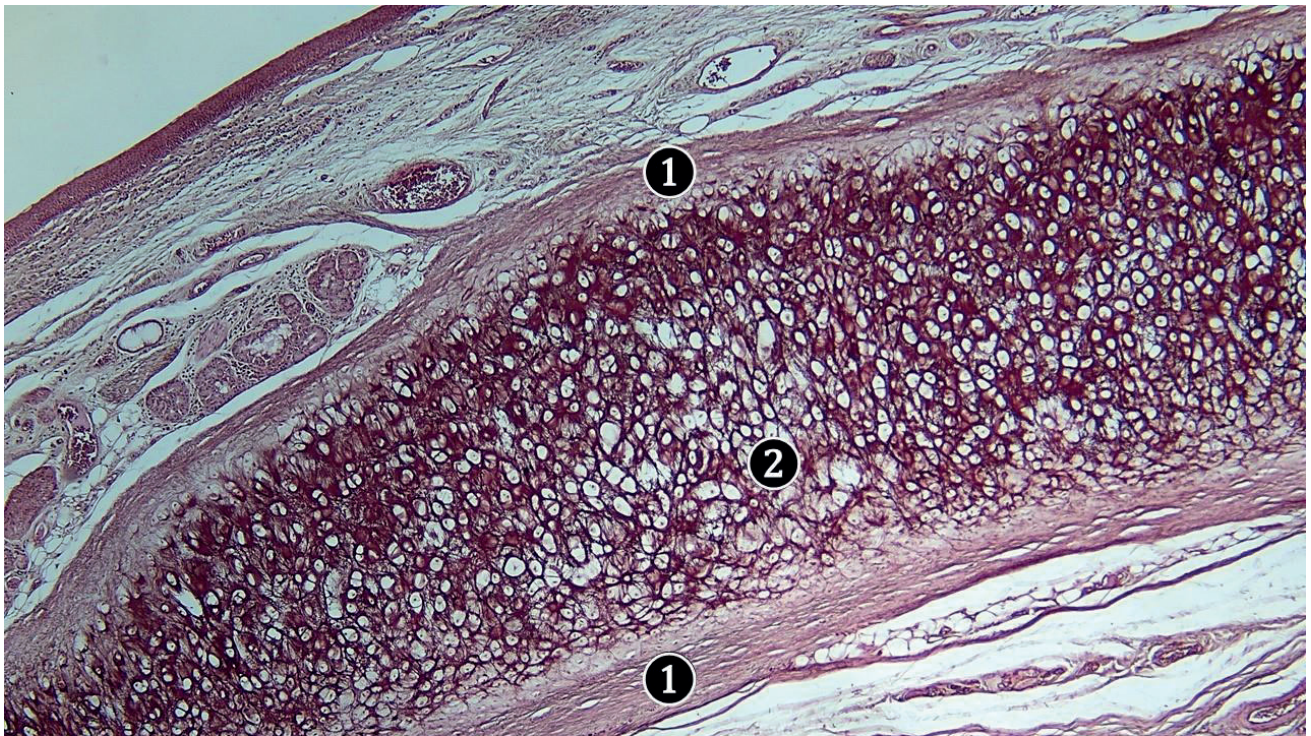
Elastická chrupka sa nachádza v hrtanovej príchlopke, v stene Eustachovej trubice, v stene vonkajšieho zvukovodu, tvorí niektoré malé chrupky hrtanu. Povrch chrupky pokrýva perichondrium. Chondrocyty sú uložené v lakúnach jednotlivo, alebo vo dvojiciach. Vláknitú medzibunkovú hmotu tvorí kolagén typu II a elastické vlákna. Elastické vlákna vytvárajú zhľuky okolo chondrocytov, smerom na perifériu sú vlákna tenšie a vrastajú do perichondria. Prítomnosť elastických vlákien dodáva chrupke vyššiu odolnosť na tlak aj ohyb v porovnaní s hyalínovou chrupkou.



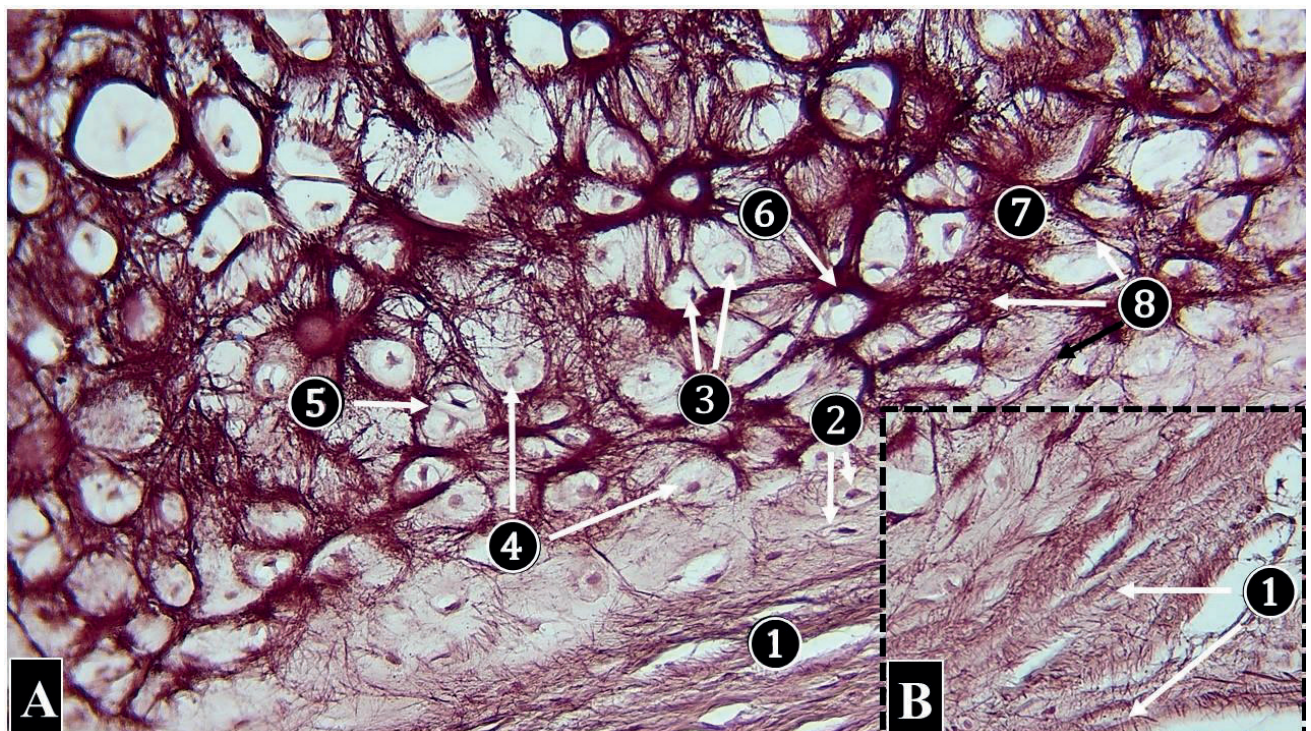
Obr. 6.6 Elastická chrupka. A. 1 – perichondrium, 2 – chondroblasty, 3 – dvojice chondrocytov, 4 – matrix chrupky s elastickými vláknami. B. 1 – scvrknutý chondrocyt v lakúne, 2 – dvojica chondrocytov, 3 – chondrocyt obklopený teritoriálnym matrixom, 4 – lakúna chondrocytu, 5 – teritoriálny matrix okolo dvojice chondrocytov, 6 – interteritoriálny matrix, 7 – elastické vlákna. (Epiglottis, farbenie: HE)



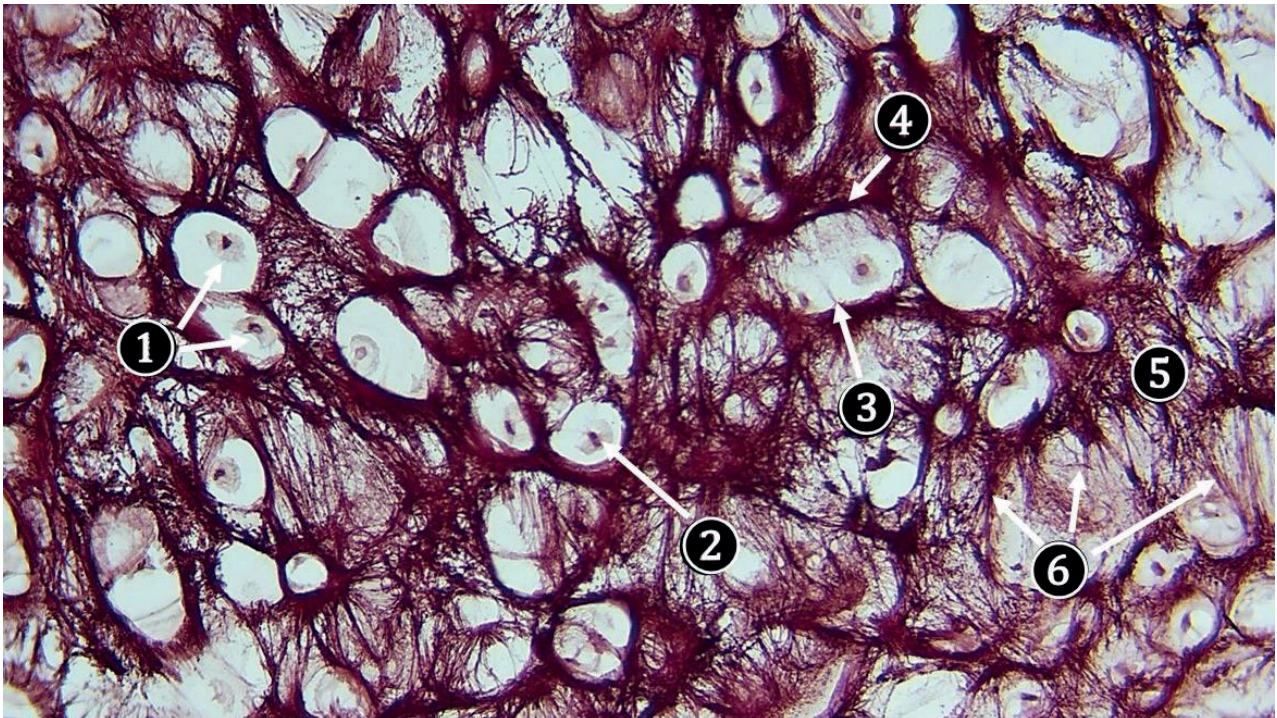
Obr. 6.7 Elastická chrupka, detail páru chondrocytov. A. 1 – scvrknuté chondrocyty v lakúnach, 2 – lakúna, 3 – elastické vlákna. B. 1 – oválne chondrocyty vyplňajúce lakúny, 2 – teritoriálny matrix, 3 – elastické vlákna. (Epiglottis, farbenie: HE)



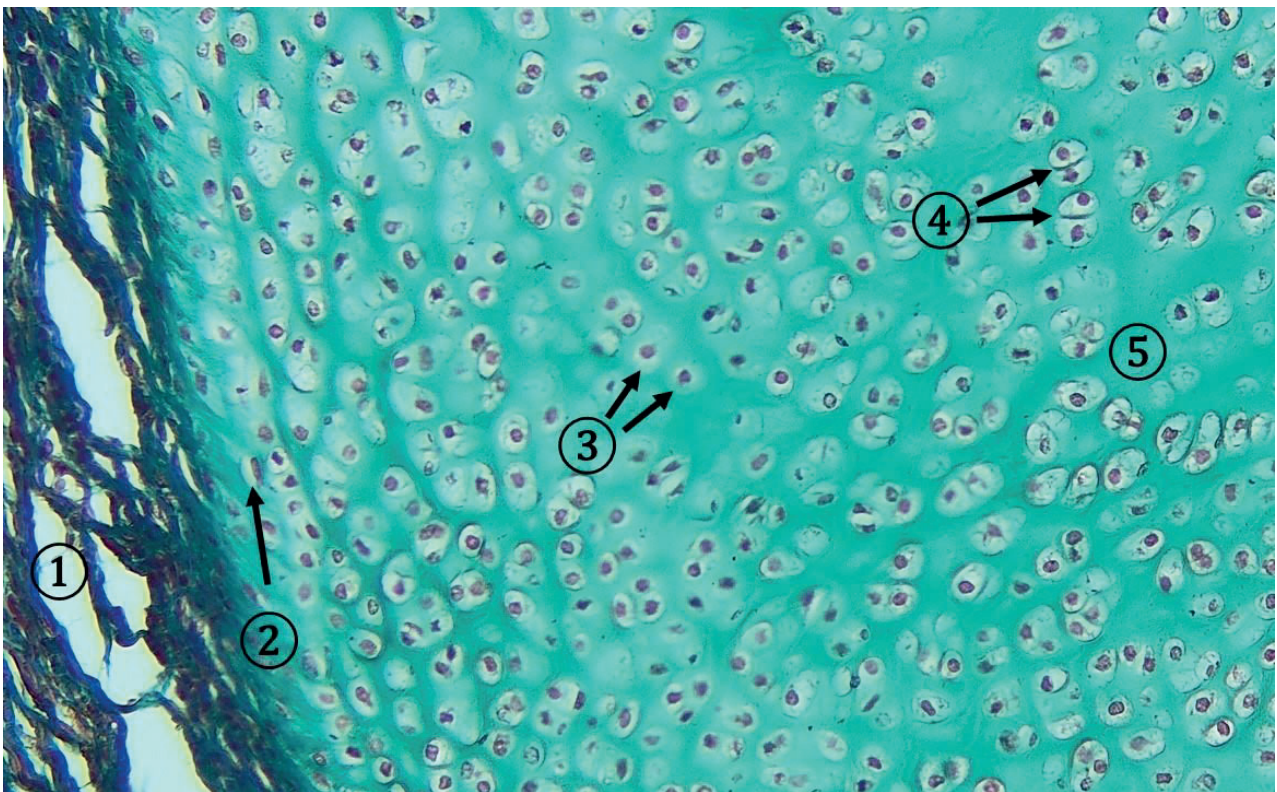
Obr. 6.8 Elastická chrupka. 1 – perichondrium, 2 – elastické chrupka. (Epiglottis, farbenie: orceín)



Obr. 6.9 Elastická chrupka. A. 1 – perichondrium, 2 – chondroblasty, 3 – jadrá chondrocytov, 4 – chondrocyty, 5 – dvojica chondrocytov, 6 – teritoriálny matrix, 7 – interteritoriálny matrix s elastickými vláknami, 8 – elastické vlákna. B. 1 – detail perichondria s elastickými vláknami. (Epiglottis, farbenie: orceín)



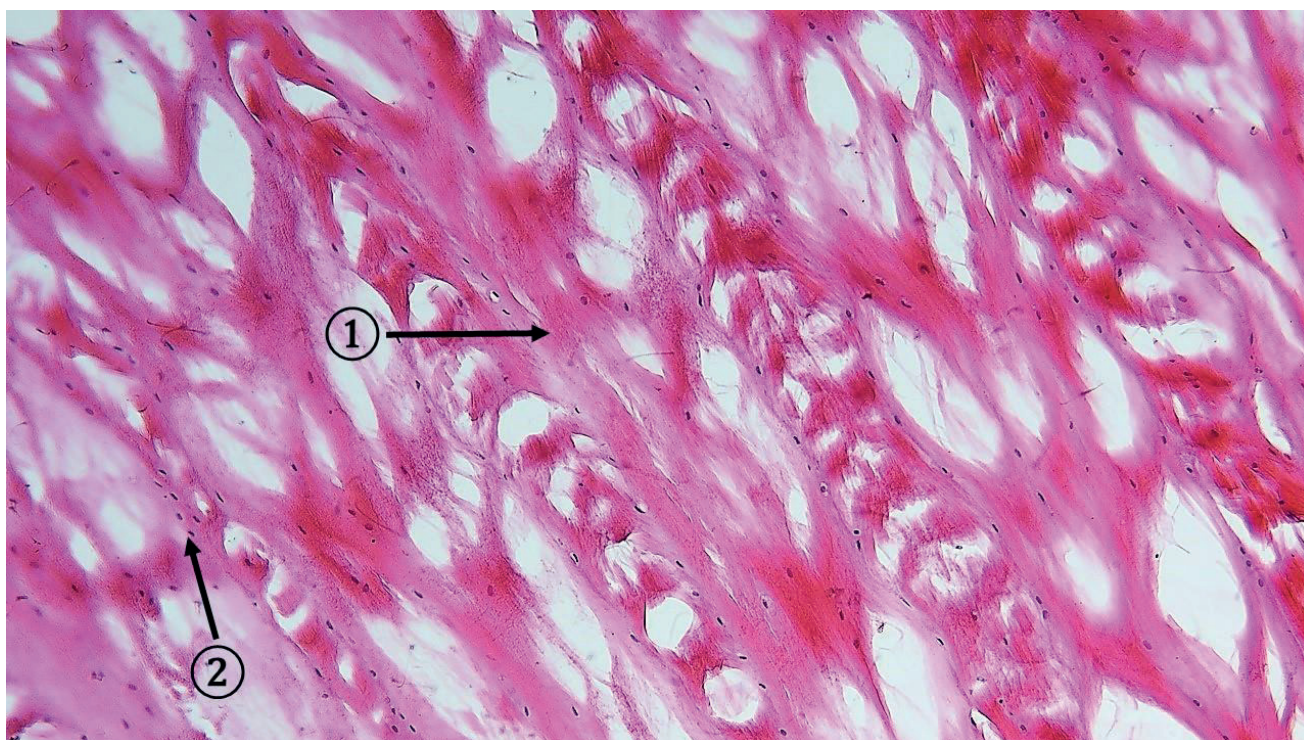
Obr. 6.10 Elastická chrupka. 1 – chondrocyt v lakúne, 2 – jadro chondrocytu, 3 – dvojica chondrocytov, 4 – teritoriálny matrix, 5 – interteritoriálny matrix s elastickými vláknami, 6 – elastické vlákna. (Epiglottis, farbenie: orceín)



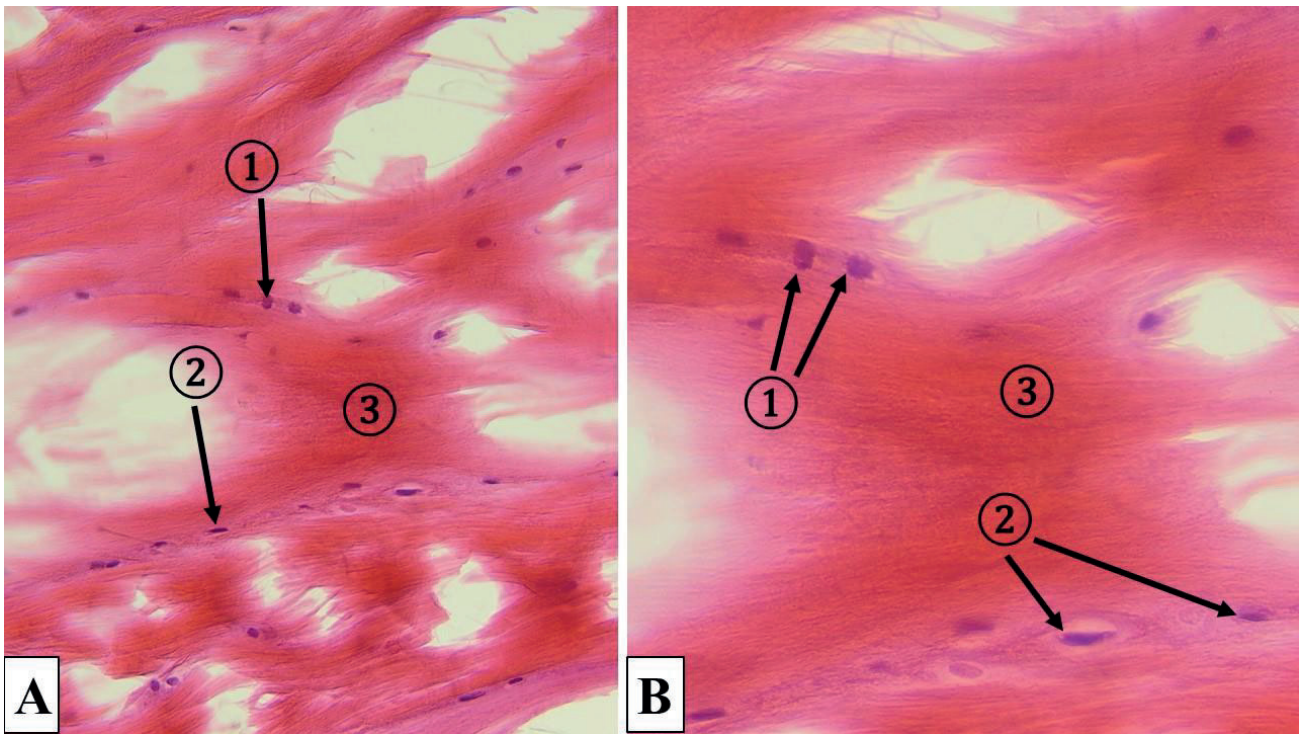
Obr. 6.11 Elastická chrupka. 1 – perichondrium, 2 – chondroblast, 3 – chondrocyty, 4 – dvojice chondrocytov, 5 – interteritoriálny matrix. (Epiglottis, farbenie: zelený trichróm podľa Goldnera)

6.4 Väzivová chrupka (*cartilago fibrosa*)

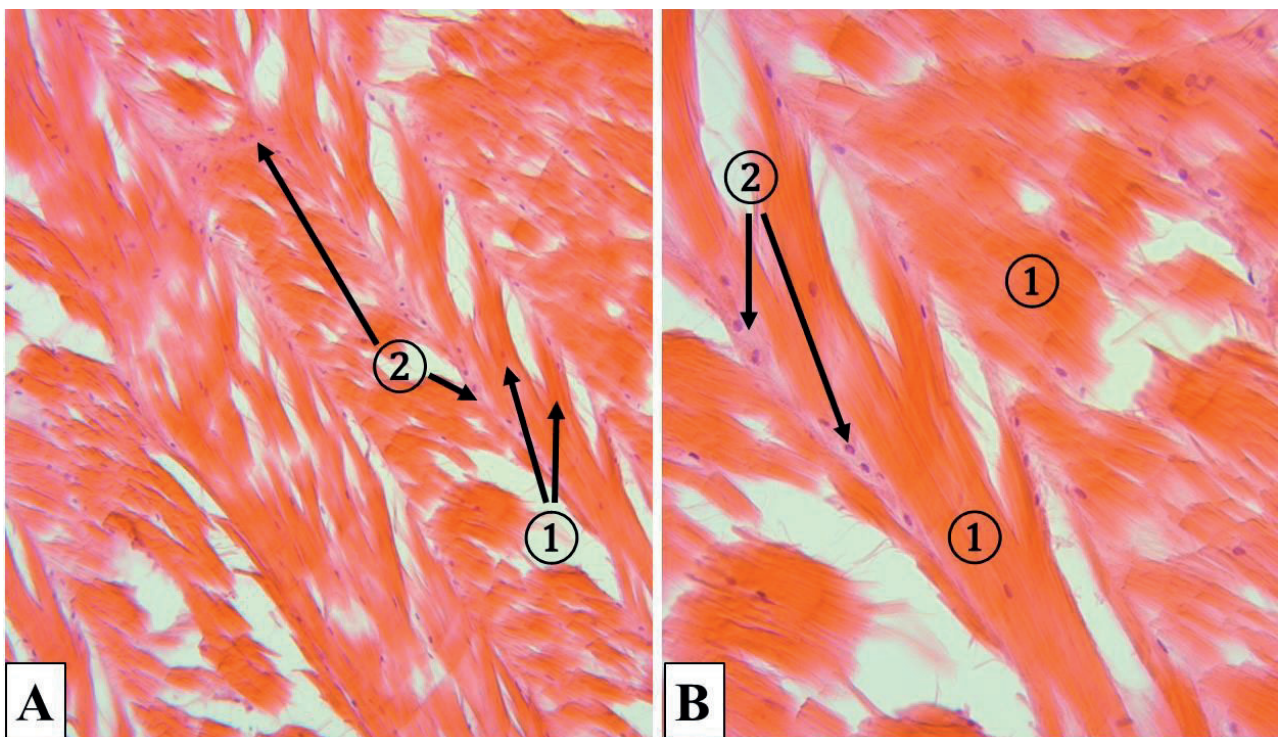
Väzivová chrupka predstavuje prechod medzi hyalínovou chrupkou a hustým kolagénovým väzivom. Nachádza sa v miestach, kde je potrebná pevná a tlmivá opora kosti. Tvorí menisky kolenného kĺbu, chrupkovité úpony šliach, je súčasťou medzistavcovej platničky. Väzivová chrupka obsahuje málo amorfnej hmoty. Vlákňitá hmota v tejto chrupke prevláda a je tvorená prevažne kolagénom typu I (hrubé zväzky kolagénových vlákien), čo dodáva tejto chrupke výraznú acidofíliu po farbení HE, a kolagénom typu II (kolagénové fibrily). Chondrocyty majú vretenovitý až oválny tvar, sú uložené jednotlivo, alebo sú usporiadané do stĺpcov. Perichondrium tu nepopisujeme, pretože hranice medzi hustým kolagénovým väzivom a väzivovou chrupkou sú nezreteľné. V medzistavcovej platničke v anulus fibrosus sú kolagénové vlákna závitnicovo usporiadané, vytvárajú koncentrické lamely. V každej lamele prebiehajú vlákna paralelne, ale v susediacich lamelách sú orientované pod iným uhlom. Preto na pozdĺžnom reze usporiadanie kolagénových vlákien pripomína rybiu kosť.



Obr. 6.12 Väzivová chrupka. 1 – medzibunková hmota s prevahou hrubých zväzkov kolagénových vlákien, 2 – chondrocyty usporiadané do izogenetických stĺpcov. (Discus intervertebralis, farbenie: HE).



Obr. 6.13 Vázivová chrupka. A. 1 – oválne chondrocyty, 2 – vretenovité chondrocyty usporiadané do stĺpcov, 3 - eozinofilné kolagénové vlákna. B. **Detail.** 1 – jadrá oválnych chondrocytov, 2 – štíhle jadrá vretenovitých chondrocytov, 3 – hrubé zväzky kolagénových vlákien. (Discus intervertebralis, farbenie: HE)



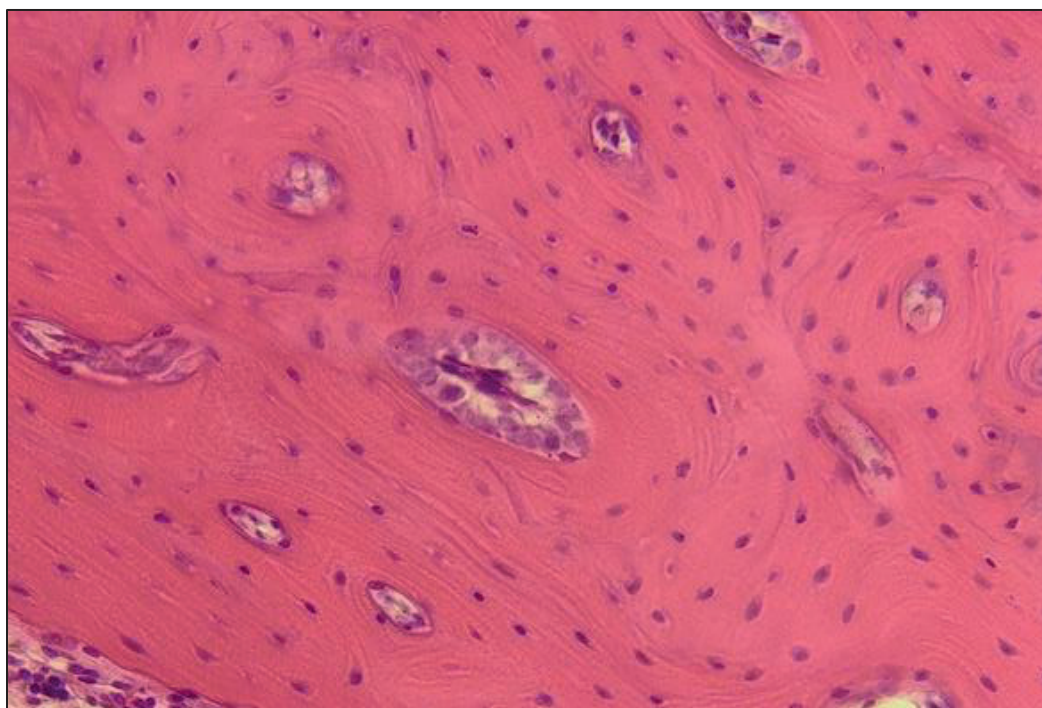
Obr. 6.14 Vázivová chrupka. A. 1 – medzibunková hmota s prevahou hrubých zväzkov kolagénových vlákien, 2 – chondrocyty usporiadané do izogenetických stĺpcov. B. **Detail.** 1 – medzibunková hmota s prevahou hrubých zväzkov kolagénových vlákien, 2 – chondrocyty usporiadané do izogenetických stĺpcov. (Discus intervertebralis, farbenie: HE)

Literatúra

- ADAMKOV, M. *Introduction to Functional Histology*, Turany: Tlačiareň P+M, 2016.
- BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.
- KAPPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.
- KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.
- MESCHER, A., L. *Junqueira's Basic Histology, Text and Atlas*, 14th edition. McGraw-Hill Education, 2016.
- OVALLE, W., K., NAHIRNEY, P., C. *Netter's Essential Histology*, 2nd edition, Philadelphia: Elsevier, 2013.
- PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
- VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

7 KOSTNÉ TKANIVO – ŠTRUKTÚRA A VÝVOJ

doc. MVDr. Iveta Domoráková, PhD.



7.1 Mikroskopická štruktúra kostného tkaniva

7.2 Typy kostného tkaniva

7.2.1 Primárne kostné tkanivo vláknité (fibrilárne)

7.2.2 Sekundárne kostné tkanivo lamelárne

7.3 Vývoj kostného tkaniva

7.3.1 Dezmozogénna osifikácia (intramembránová)

7.3.2 Enchondrálna osifikácia

7.3.2.1 Primárna osifikácia dlhých kostí

7.3.2.2 Sekundárna osifikácia dlhých kostí

7 KOSTNÉ TKANIVO

Kostné tkanivo tvorí tvrdé, mineralizované spojivé tkanivo, podieľajúce sa na výstavbe kostí (anatomicky kosť ako orgán). Kostné tkanivo má funkciu opornú (kostný skelet), zabezpečuje ochranu mäkkých orgánov (lebečné kosti, hrudný kôš), je miestom krvotvorby (kostná dreň), je zásobárňou kalcia a iných minerálnych látok, je dynamickou štruktúrou podliehajúcou neustálej prestavbe podľa potreby organizmu.

Spracovanie preparátov z kostného tkaniva je náročné vzhľadom na jeho tvrdosť spôsobenú vysokým obsahom minerálnych látok (65%). Kosť môžeme **demineralizovať** nízko percentnými kyselinami, následne spracovať bežnými histologickými technikami a zafarbiť napr. metódami: HE alebo AZAN. Pri týchto metódach znázorníme bunky a zafarbíme kolagénové vlákna. Druhým spôsobom je odstránenie organických látok z kosti (macerácia) a zachovanie minerálnej zložky. Takto spracovaná kosť následne slúži na **zhotovenie výbrusov** (tenkých platničiek tkaniva), ktoré sa nefarbia a v svetelnom mikroskope pozorujeme štruktúry mineralizovanej kostnej hmoty.

7.1 Mikroskopická štruktúra kostného tkaniva

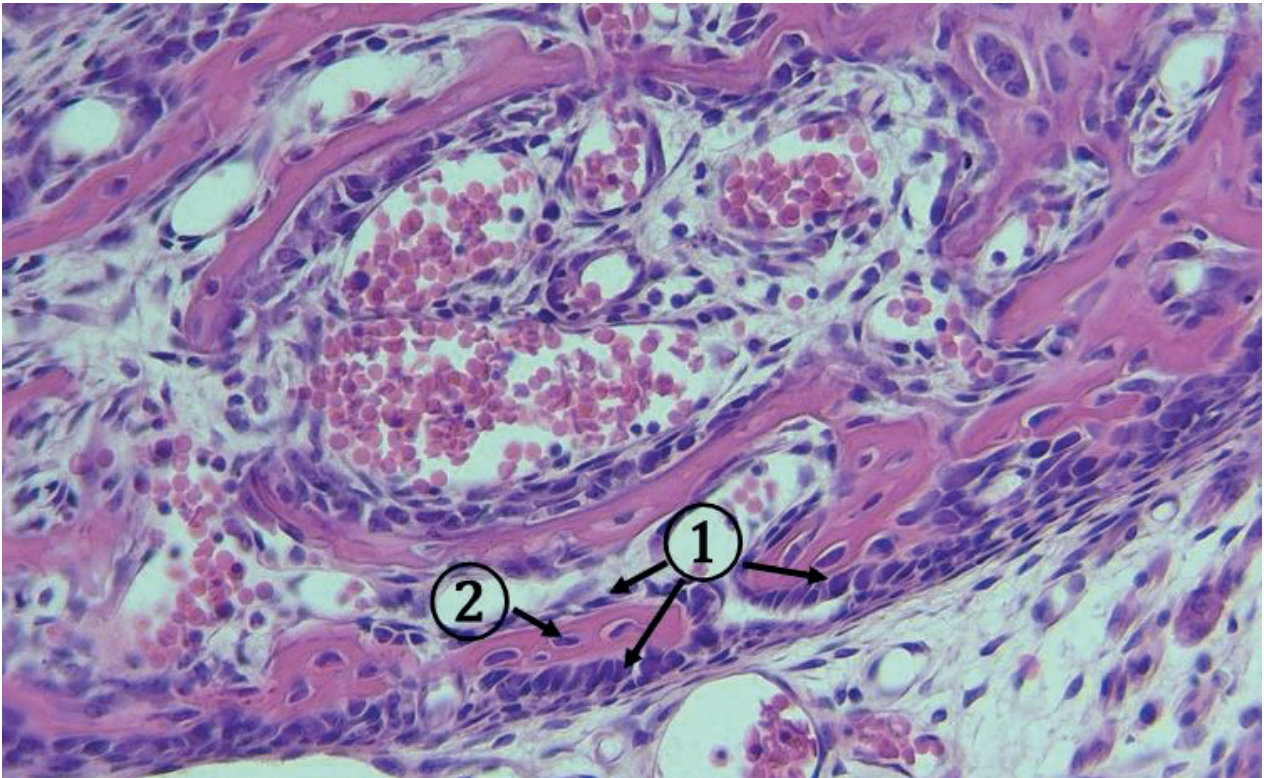
Kostné tkanivo sa skladá z:

1. **buniek** - osteoblastov, osteocytov a osteoklastov
2. **medzibunkovej hmoty (kostný matrix)**
 - a) **organickej**: kolagén typu I, amorfná hmota (glykozaminoglykány, proteoglykány, štrukturálne glykoproteíny - osteonektín, sialoproteín, osteokalcín)
 - b) **anorganickej (65%)**: kryštáliky hydroxyapatitu (vápnik, fosfáty)

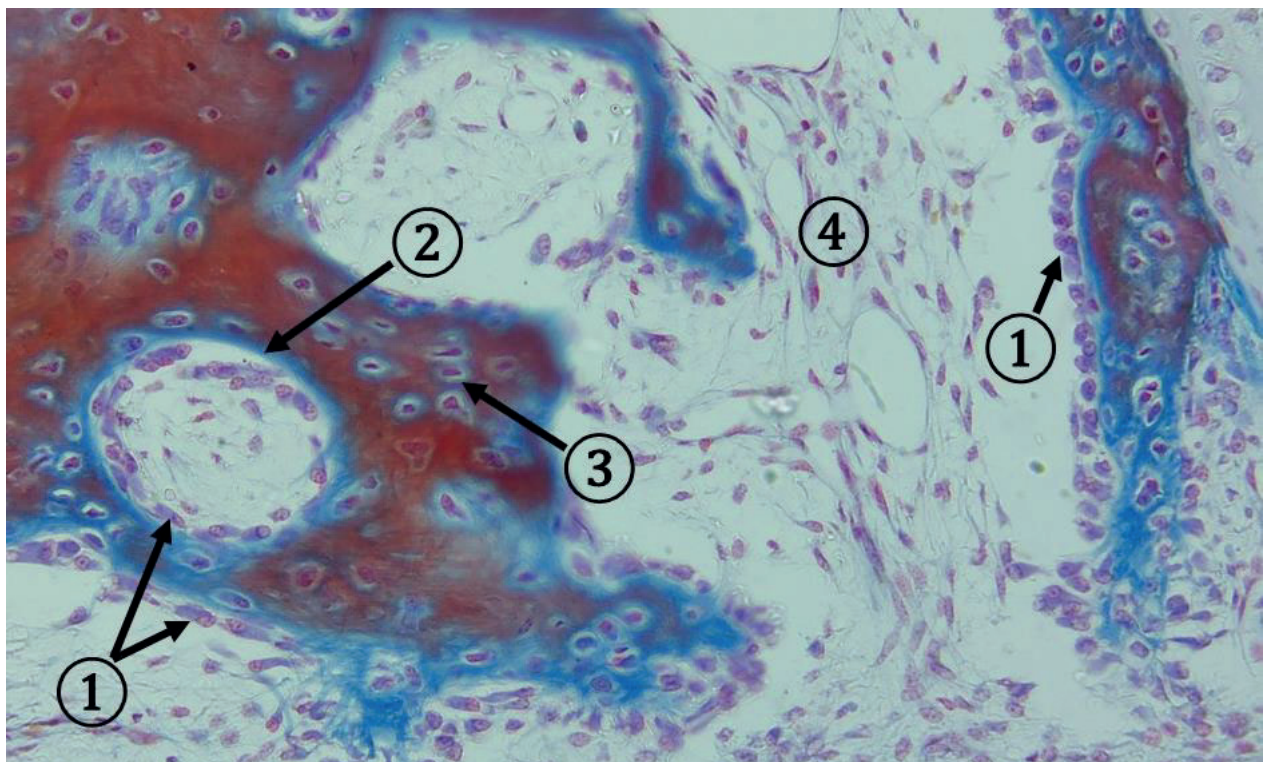
Bunky kostného tkaniva

Osteoblasty sú bunky mezenchýmového pôvodu, nachádzajú sa na povrchu kostných trámecov, ako epiteloidne uložené kubické bunky v jednej vrstve. Osteoblasty sa podieľajú na tvorbe kostnej medzibunkovej hmoty (kostný matrix) a tiež na procese mineralizácie medzibunkovej hmoty. Prvé vrstvičky nemineralizovaného kostného matrixu sa nazývajú **osteoid**. Osteoblasty majú bazofilnú cytoplazmu (cytoplazma bohatá na GER; Golgiho aparát), jadro majú oválne, s vyšším obsahom euchromatínu. Neaktívne osteoblasty sa označujú ako **osteoprogenitorové bunky**, majú plochý tvar a prikladajú sa epiteloidne k povrchom kostného tkaniva (napr. medzi periostom a kosťou, v endoste).

Keď sa osteoblast obklopí kostným matrixom, premení sa na metabolicky menej aktívnu bunku – osteocyt.

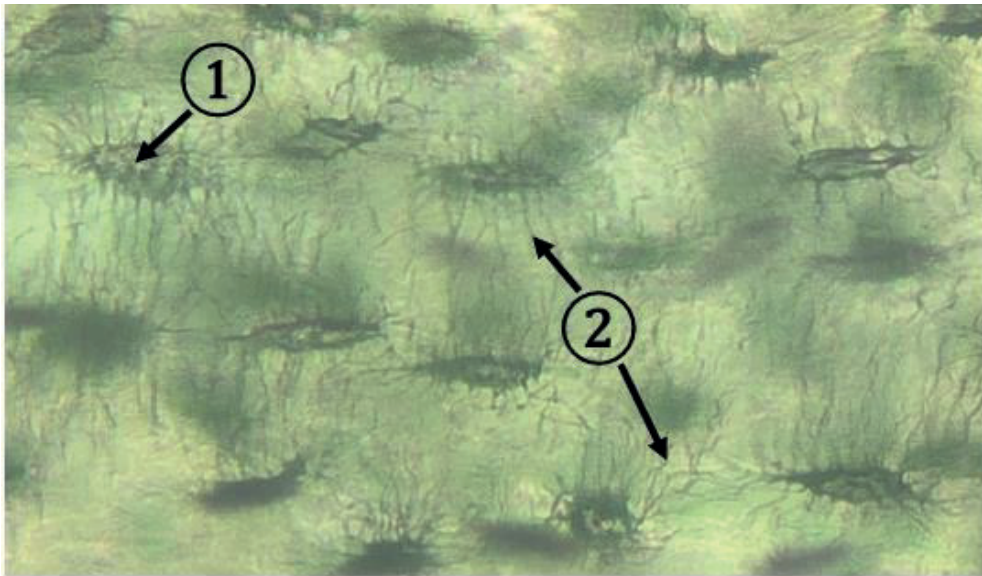


Obr. 7.1 Osteoblasty. 1 – osteoblasty s bazofilnou cytoplazmou na povrchu kostných trámecov, 2 – osteocyt v kostnom trámci. (Ossificatio vertebrae, farbenie HE)

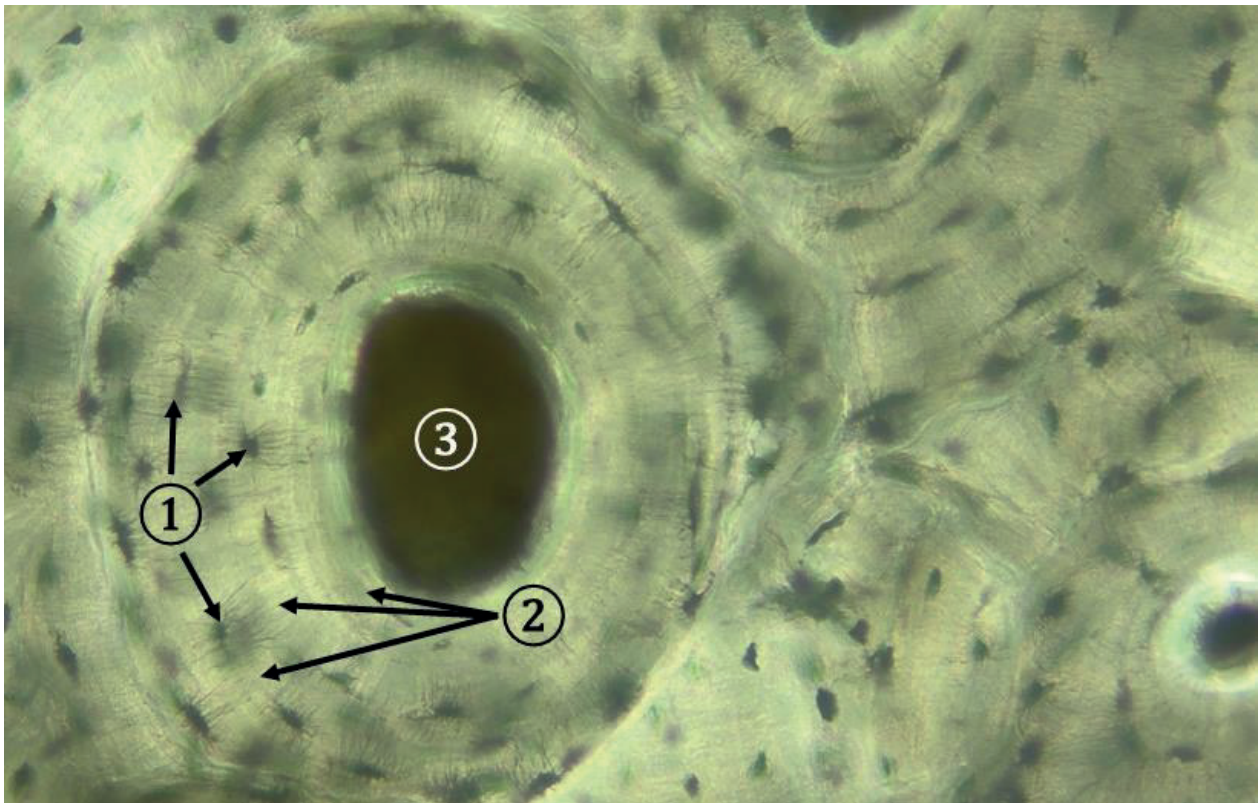


Obr. 7.2 Osteoblasty. 1 – osteoblasty s bazofilnou cytoplazmou na povrchu kostných trámecov, 2 – osteoid (modrý), 3 – osteocyty obklopené kostným matrixom, 4 – mezenchým. (Ossificatio, farbenie: modifikovaný Massonov modrý trichróm)

Osteocyty sú bunky pochádzajúce z osteoblastov. Majú oválne, ploché telo, ktoré leží v dutinke (*lacuna ossium*), z tela bunky odstupujú dlhé štíhle výbežky prebiehajúce v tenkých kanálikoch (*canaliculi ossium*) v kostnom matrixe. Osteocyty navzájom komunikujú svojimi výbežkami a podieľajú sa na transporte výživných látok a iónov.

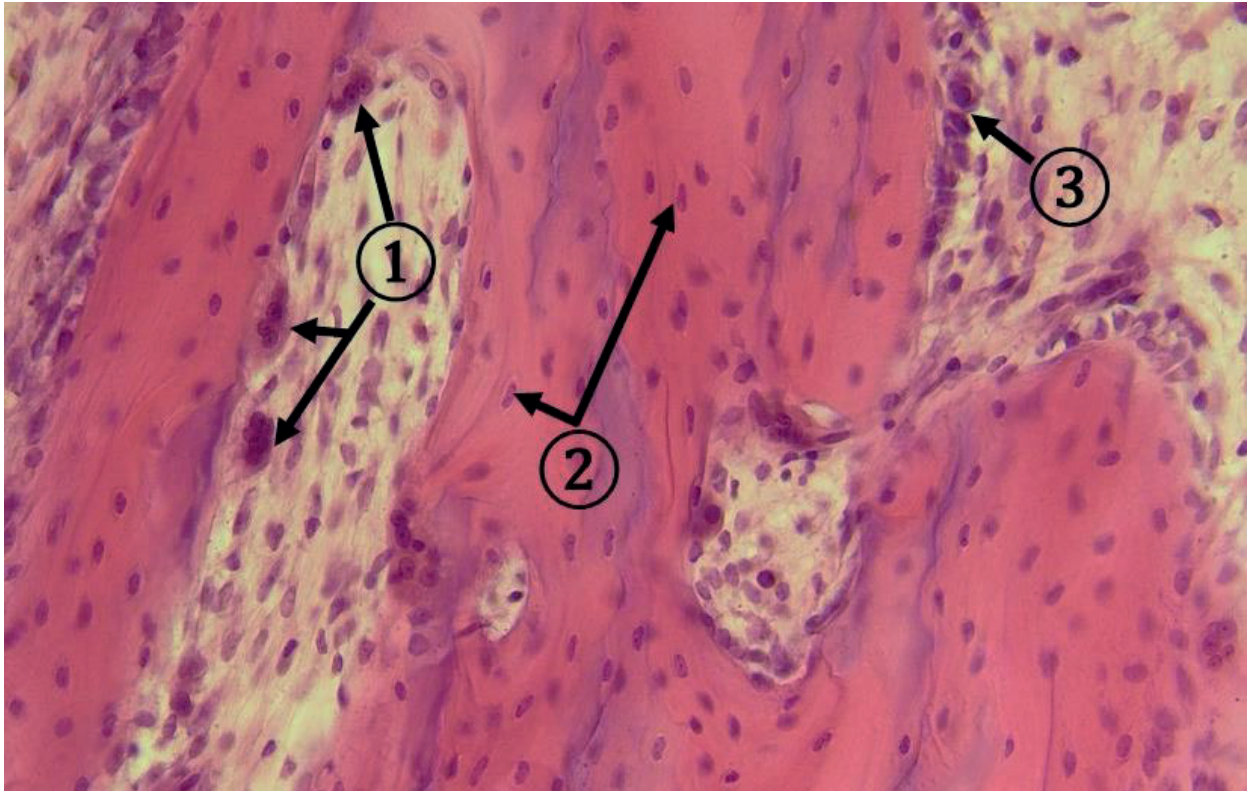


Obr. 7.3 Detail osteocytov. 1 – telo osteocytu, 2 – výbežky osteocytu. (Os, výbrus kosti)

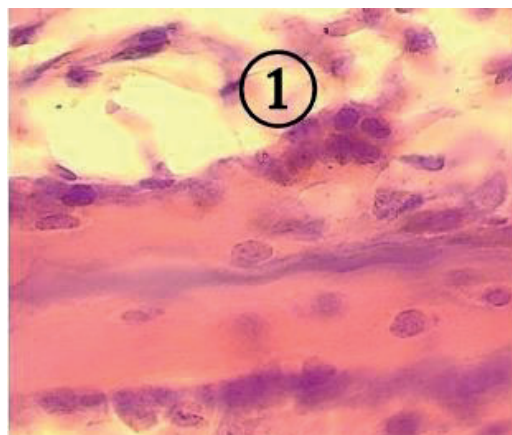


Obr. 7.4 Osteocyty v Haversovom systéme. 1 – osteocyty, 2 – kostné lamely, 3 – Haversov kanál. (Os, výbrus kosti)

Osteoklasty patria do monocytomakrofágového systému, ako iné makrofágy pochádzajú z monocytov. Osteoklast je veľká bunka s 2 až 50 okrúhlymi jadrami, lokalizovanými na póle bunky vzdialenom od povrchu kosti. Bunka sa prikladá ku kostnému tkanivu svojim zvlneným lemom tvoreným mikroklkmi. Cytoplazma osteoklastu je eozinofilná. Osteoklasty ležia v priehlbinkách na povrchu kostného tkaniva v **Howshipových lakúnach**. Osteoklasty sa podieľajú na odbúravaní kostného matrixu demineralizáciou a následným enzymatickým natrávením organickej hmoty (lyzozomálnymi enzýmami).



Obr. 7.5 Osteoklasty. 1 – mnohojadrové osteoklasty na povrchu kostných trámecov, 2 – osteocyty v kostných trámcoch, 3 – osteoblasty na povrchu kosných trámecov. (Ossificatio, farbenie HE)



Obr. 7.6 Detail osteoklastu. 1 – mnohojadrový osteoklast s eozinofilnou cytoplazmou na povrchu kostného trámca. (Ossificatio, farbenie HE)

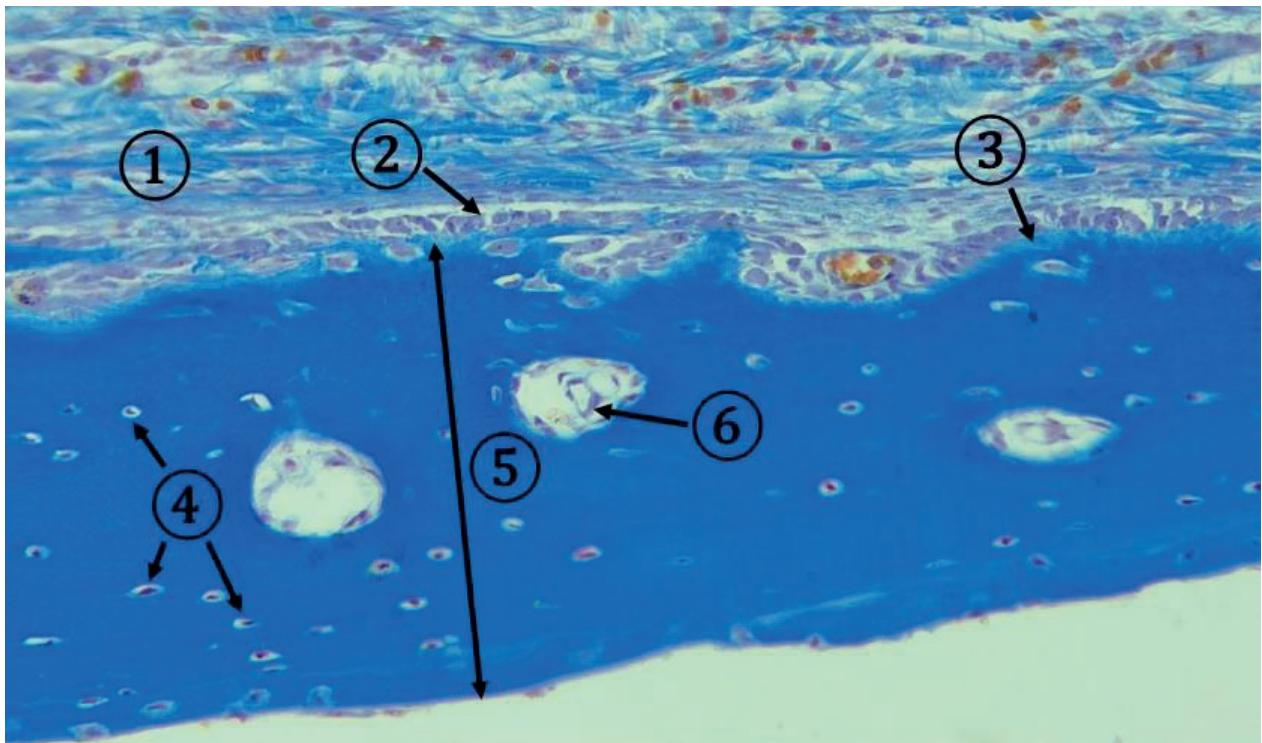
7.2 Typy kostného tkaniva

Kostné tkanivo sa podľa časovej periódy tvorby vyskytuje vo forme:

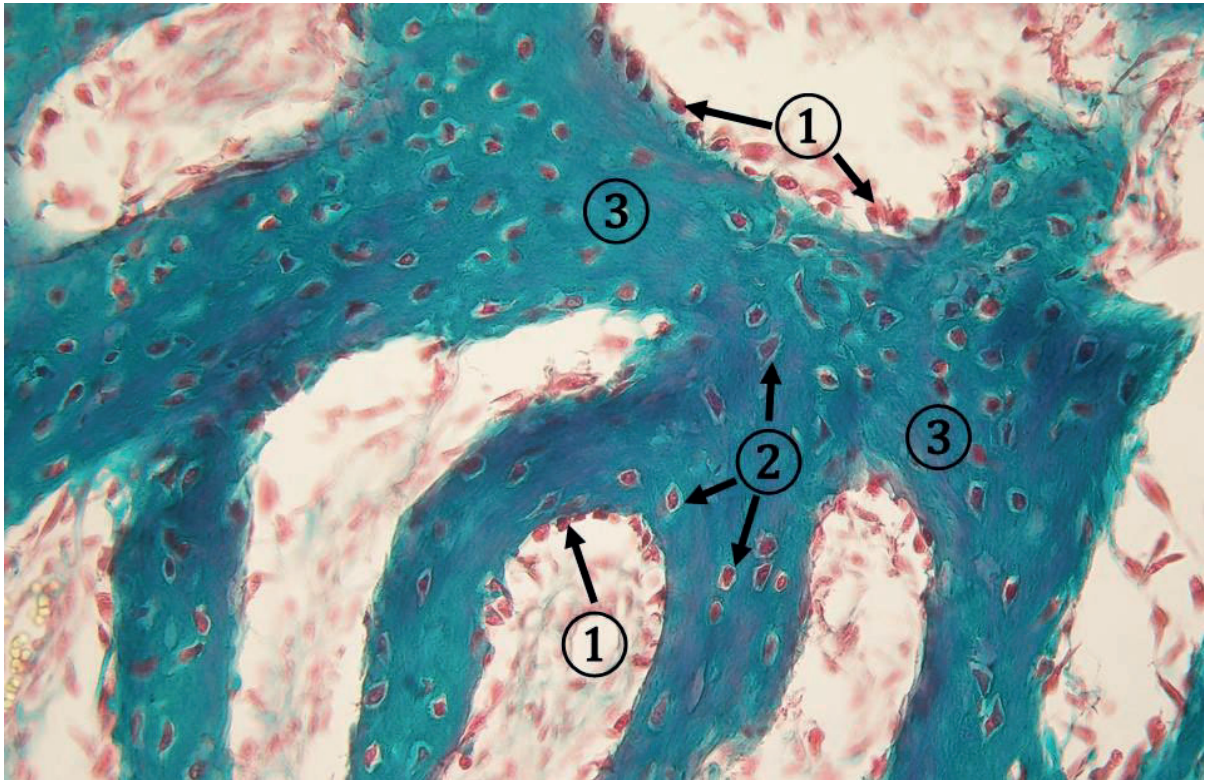
- **primárneho, nezrelého, vláknitého kostného tkaniva**
- **sekundárneho, zrelého, lamelárneho kostného tkaniva**, ktoré makroskopicky vytvára kompaktné a špongiózne kostné tkanivo. Dlhé kosti sa skladajú z diafýzy, ktorú tvorí kompaktné kostné tkanivo a z dvoch epifýz vyplnených špongióznym kostným tkanivom. Vonkajší povrch epifýz je pokrytý tenkou vrstvou kompaktného kostného tkaniva. Krátke a nepravidelné kosti majú na povrchu kompaktnú vrstvu a v centre špongiózne kostné tkanivo. Lebečné kosti vytvárajú diplöe.

7.2.1 Primárne kostné tkanivo vláknité (fibrilárne)

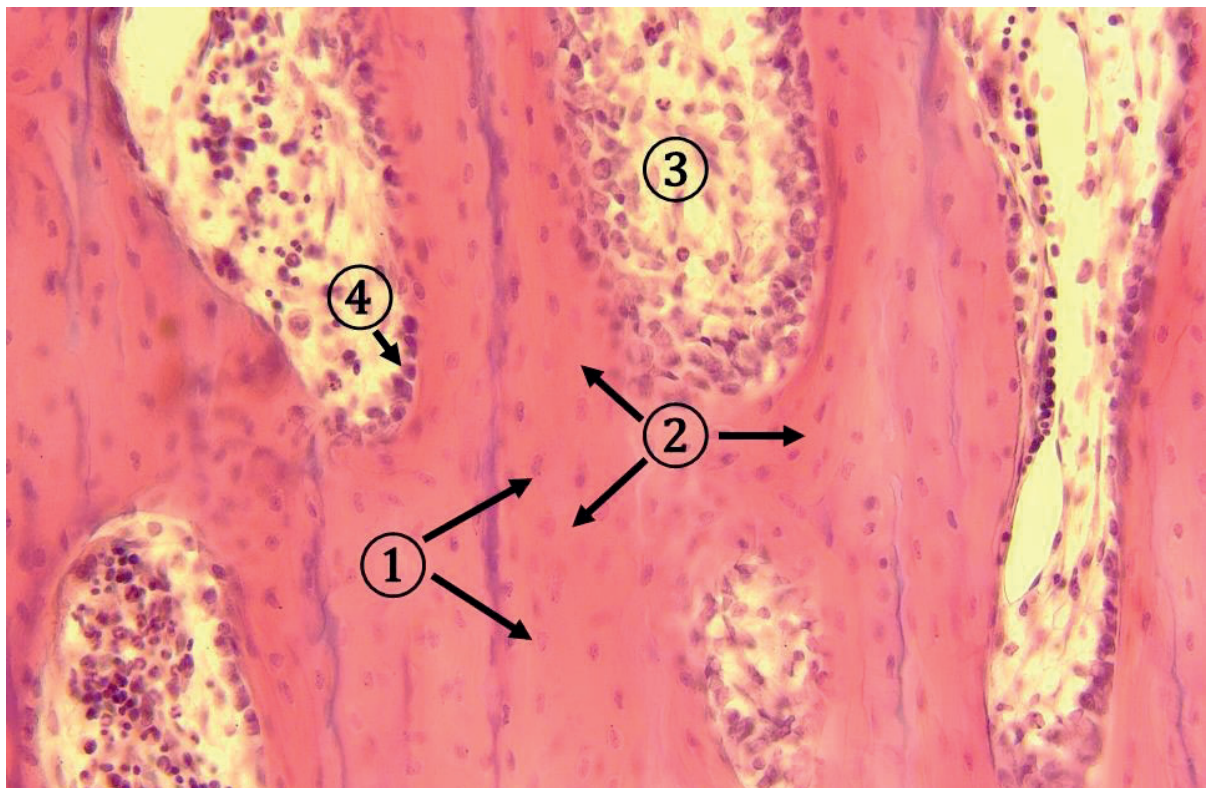
Vláknité kostné tkanivo vzniká **procesom primárnej osifikácie**. Je tvorené početnými osteocytmi. Kostný matrix je menej mineralizovaný a obsahuje nepravidelne usporiadané kolagénové vlákna. Je dočasnou štruktúrou vznikajúcou počas prenatálneho vývoja kostí, u dospelých pri hojení kostných zlomenín a fyziologicky pri úpone niektorých šliach ku kosti. Vláknité kostné tkanivo sa nahrádza lamelárnym kostným tkanivom **procesom sekundárnej osifikácie**, za aktívnej účasti osteoklastov a osteoblastov.



Obr. 7.7 Primárne kostné tkanivo. 1 – periost, 2 – osteoblasty, 3 – osteoid, 4 – osteocyty v lakúnach, 5 – primárne kostné tkanivo diafýzy, 6 – krvné cievy v dutinke kosti. (Ossificatio, farbenie modifikovaný Massonov trichróm)



Obr. 7.8 Primárne kostné tkanivo. 1 – osteoblasty na povrchu kostných trámecov, 2 – osteocyty v lakúnach, 3 – kostné trámce v diafýze. (Ossificatio, farbenie zelený trichróm podľa Goldnera)



Obr. 7.9 Primárne kostné tkanivo. 1 – osteocyty v kostných trámcoch, 2 – eozinofilný kostný matrix, 3 – kostná dreň, 4 – osteoblasty na povrchu kostných trámecov. (Ossificatio, farbenie: HE)

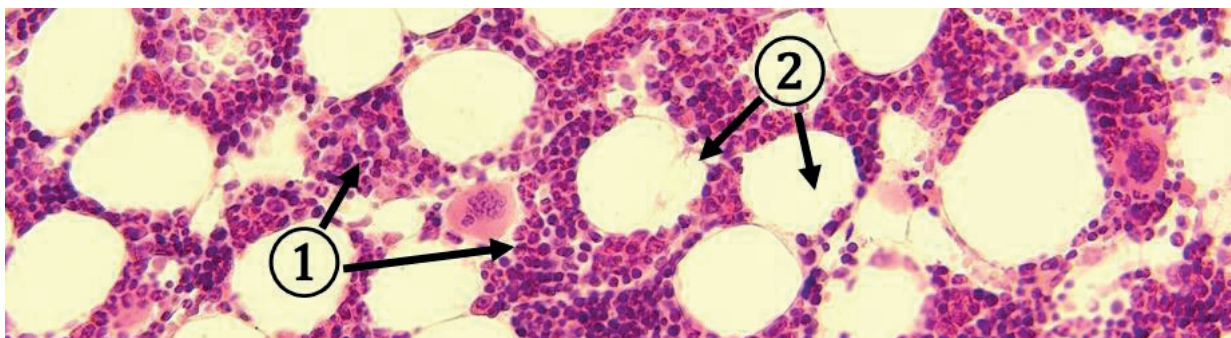
7.2.2 Sekundárne kostné tkanivo lamelárne

Základnou štruktúrou lamelárneho kostného tkaniva sú paralelne usporiadané lamely. Každá lamela sa skladá z paralelne usporiadaných kolagénových vlákien zaliatych do mineralizovaného kostného matrixu. Osteocyty ležia v lakúnach medzi lamelami a ich početné výbežky prestupujú cez canaliculi ossium prebiehajúcimi kolmo cez lamely.

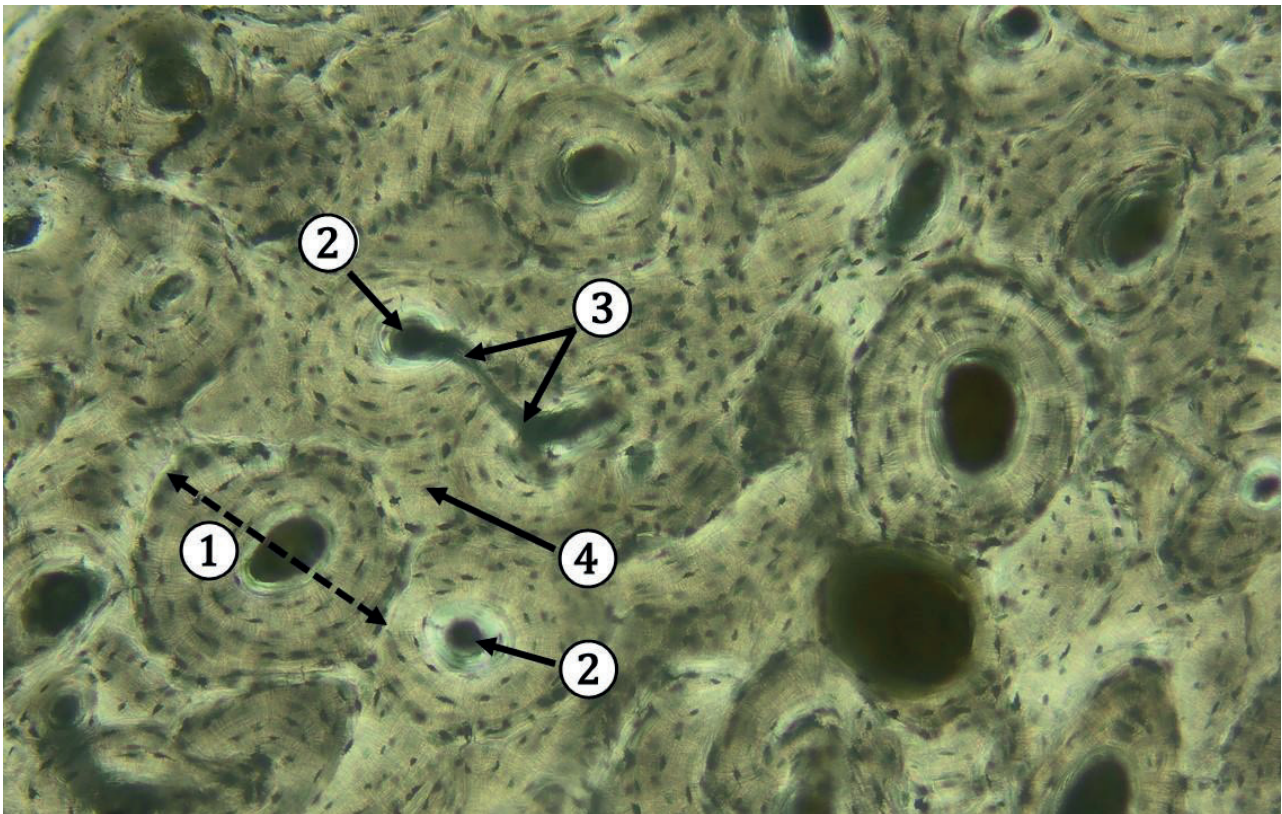
Na **priečnom priereze kompaktného kostného tkaniva diafýzy** je možné rozlíšiť štyri systémy (orientácie) lamiel:

1. **vonkajšie plášťové lamely** – nachádzajú sa na vonkajšom povrchu kosti pod periostom. Skladajú sa z niekoľkých paralelných lamiel, medzi ktorými sú uložené osteocyty.
2. **Haversove systémy (osteóny)** – sú cylindrické útvary s centrálnou uloženým Haversovým kanálom, okolo ktorého sú koncentricky usporiadané kostné lamely. V Haversovom kanále prebiehajú malé cievy a nervy. Kanál je vystlaný tenkým endostom s prítomnosťou osteoblastov alebo neaktívnych osteoprogenitorových buniek. Osteocyty v lakúnach sa podieľajú svojimi výbežkami na transporte výživných látok z ciev Haversovho kanála na perifériu osteónu. Haversove kanály sú vzájomne pospájané priečnymi Volkmannovými kanálmi komunikujúcimi s endostom a periostom.
3. **intersticiálne lamely** – sú vmedzerené lamely, vyplňajúce priestor medzi osteónmi. Vznikajú počas prestavby kostného tkaniva (sekundárna osifikácia) z pôvodných Haversových systémov.
4. **vnútorné plášťové lamely** sa nachádzajú na vnútornom povrchu kosti smerujúcom do dreňovej dutiny. Skladajú sa z niekoľkých paralelných lamiel, medzi ktorými sú uložené osteocyty. Vnútorný povrch kosti je vystlaný endostom s prítomnosťou osteoblastov alebo osteoprogenitorových buniek.

Dreňová dutina diafýzy dospelých jedincov obsahuje prevažne žltú kostnú dreň (veľa tukových buniek) a menšie množstvo červenej kostnej drene.



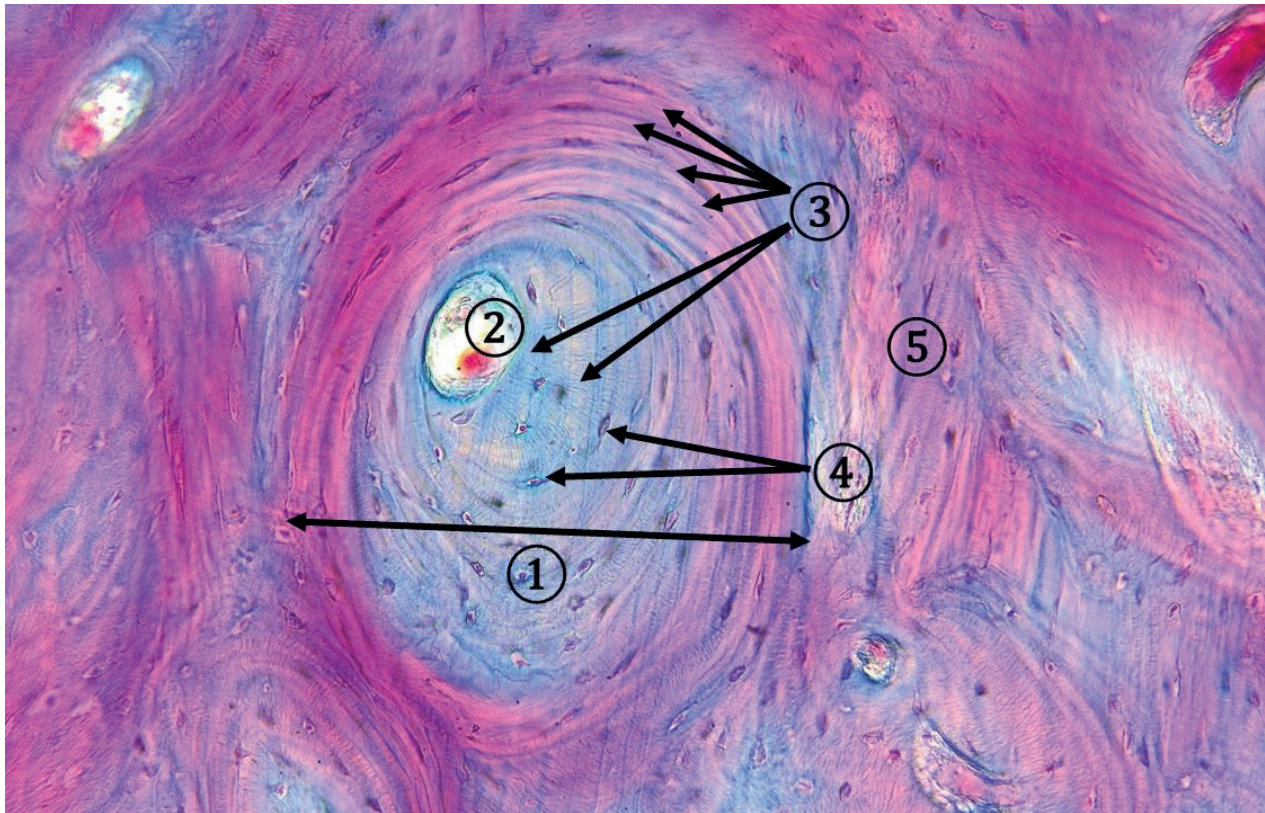
Obr. 7.10 Červená kostná dreň: 1 – hematogénne ostrovcy, 2 – tukové bunky. (Os - priečny rez diafýzou, farbenie: HE)



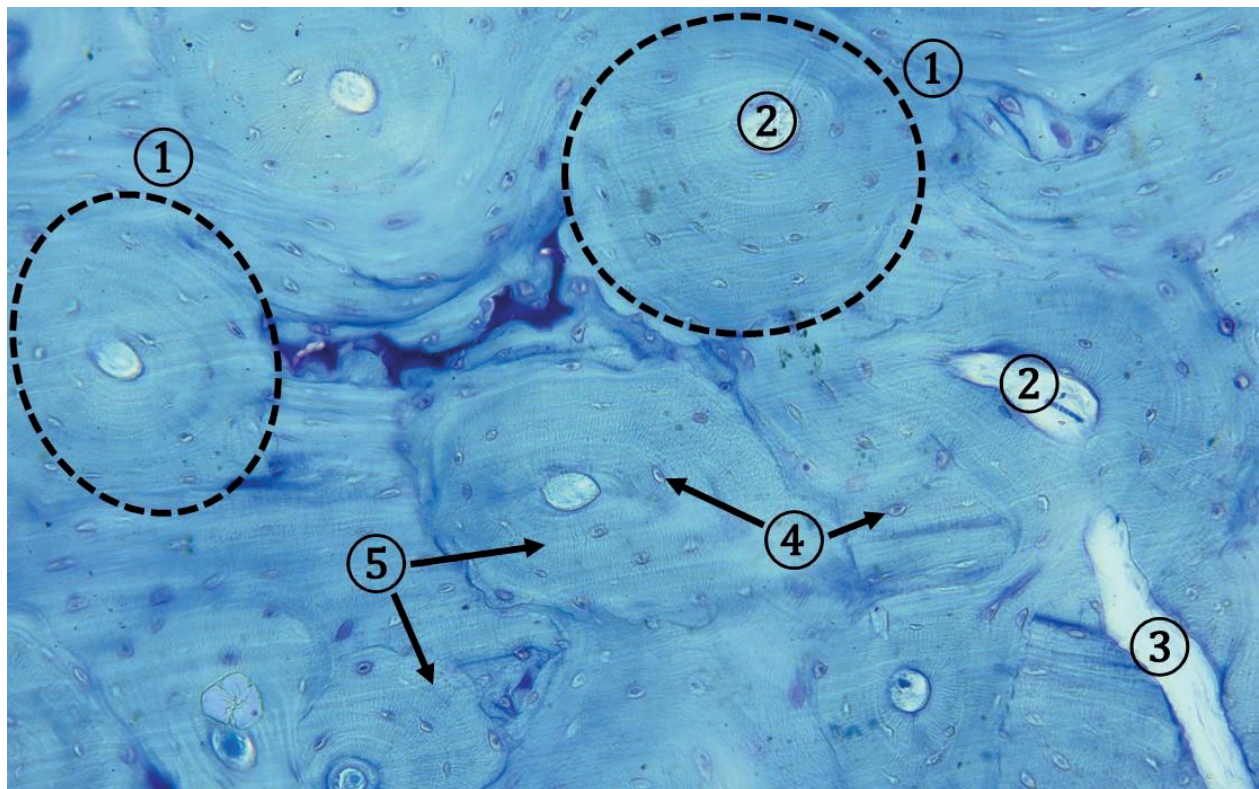
Obr. 7.11 Sekundárne, lamelárne kostné tkanivo. 1 – Haversov systém (osteón), 2 – Haversov kanál, 3 – priečny Volkmannov kanál, 4 – intersticiálne lamely. (Os – priečny prierez diafýzou, výbrus kosti bez farbenia)



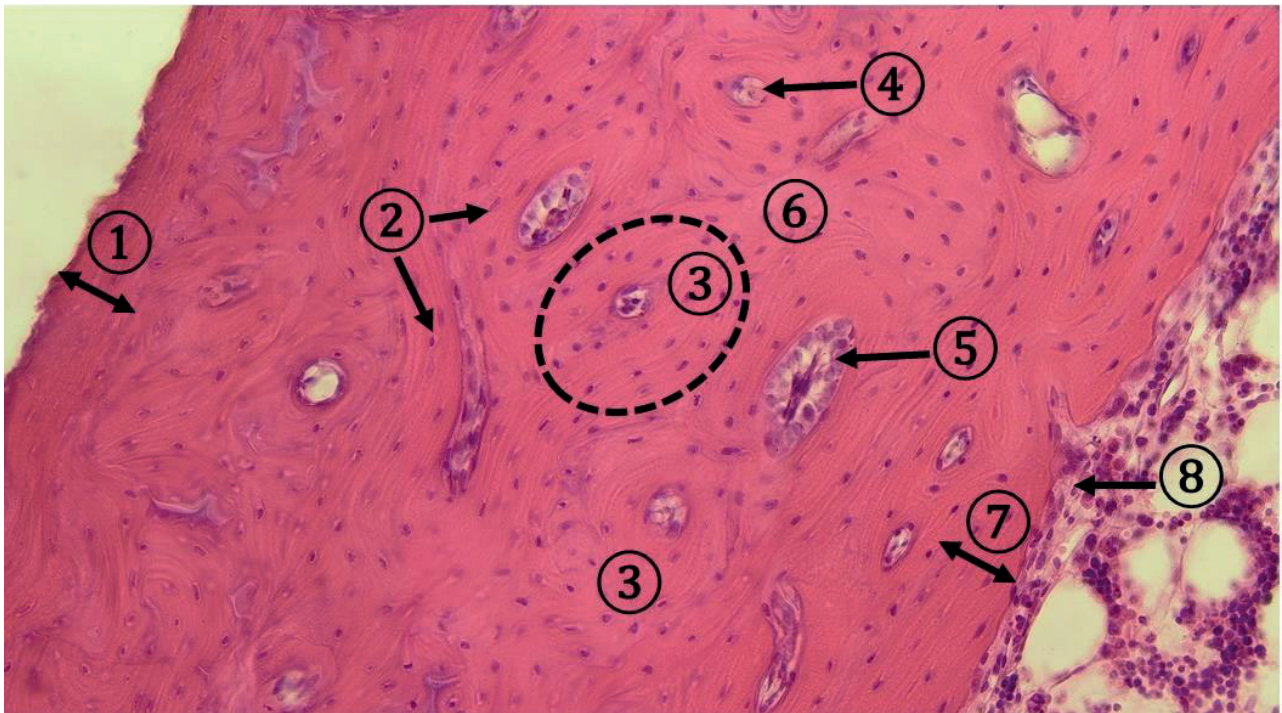
Obr. 7.12 Sekundárne, lamelárne kostné tkanivo. 1 – Volkmannove kanály, 2 – Haversov kanál, 3 – osteocyty v lakúnach uložených medzi lamelami, 4 – canaliculi ossium prestupujúce cez lamely. (Os – priečny prierez diafýzou, výbrus kosti, farbenie: Schmorl)



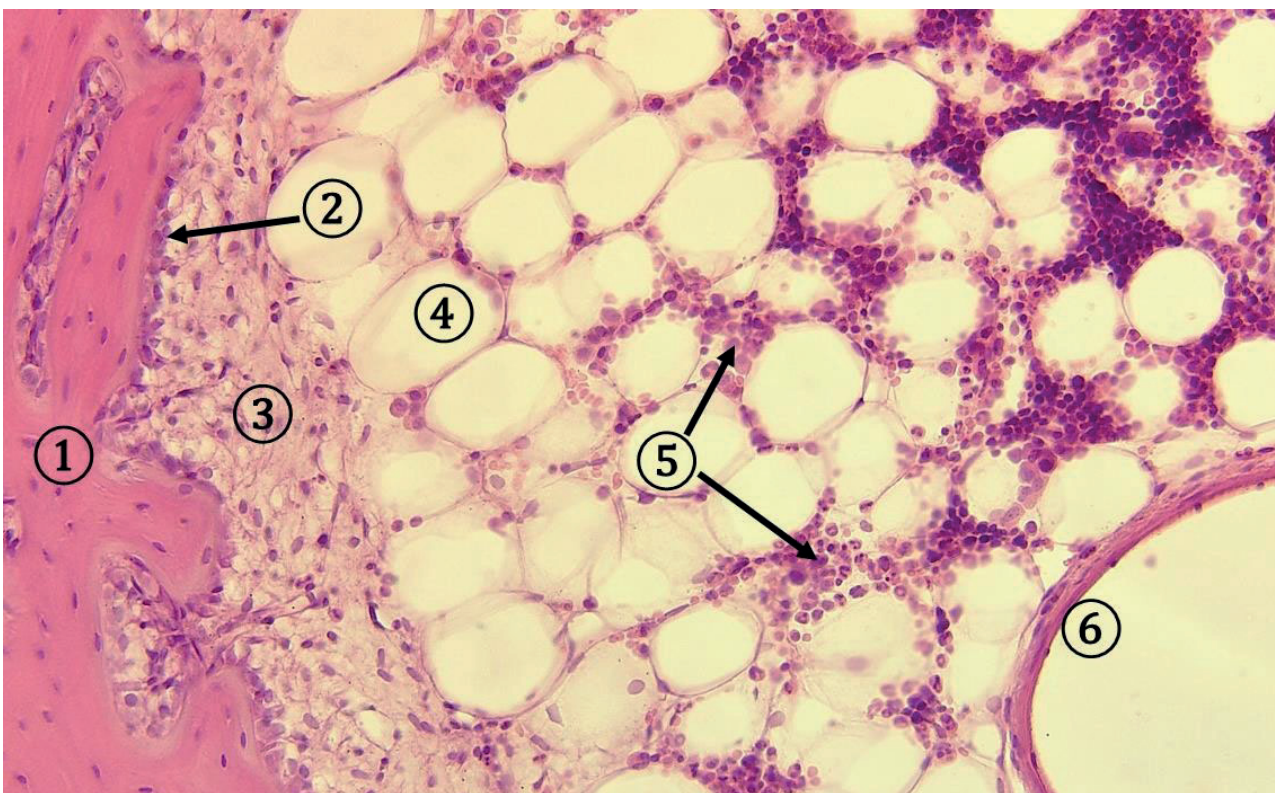
Obr. 7.13 Sekundárne, lamelárne kostné tkanivo. 1 – Haversov systém (osteón), 2 – Haversov kanál s cieovou, 3 – koncentricky usporiadané kostné lamely, 4 – osteocyty, 5 – intersticiálne lamely. (Os – priečný prierez diafýzou, farbenie: AZAN)



Obr. 7.14 Sekundárne, lamelárne kostné tkanivo. 1 – Haversov systém (osteón), 2 – Haversov kanál, 3 – Volkmannov kanál, 4 – osteocyty, 5 – canaliculi ossium prestupujúce cez lamely. (Os – priečný prierez diafýzou, farbenie: modifikovaný modrý trichróm s hematoxylínom)



Obr. 7.15 Pričný prierez kompaktným kostným tkanivom v diafýze. 1 – vonkajšie plášťové lamely, 2 – osteocyty medzi lamelami, 3 – Haversov systém s koncentricky usporiadanými lamelami, 4 – Haversov kanál, 5 – osteoblasty v Haversovom kanáli v rastúcom Haversovom systéme, 6 – intersticiálne lamely, 7 – vnútorné plášťové lamely, 8 – endost. (Os – pričný prierez diafýzou, farbenie: HE)



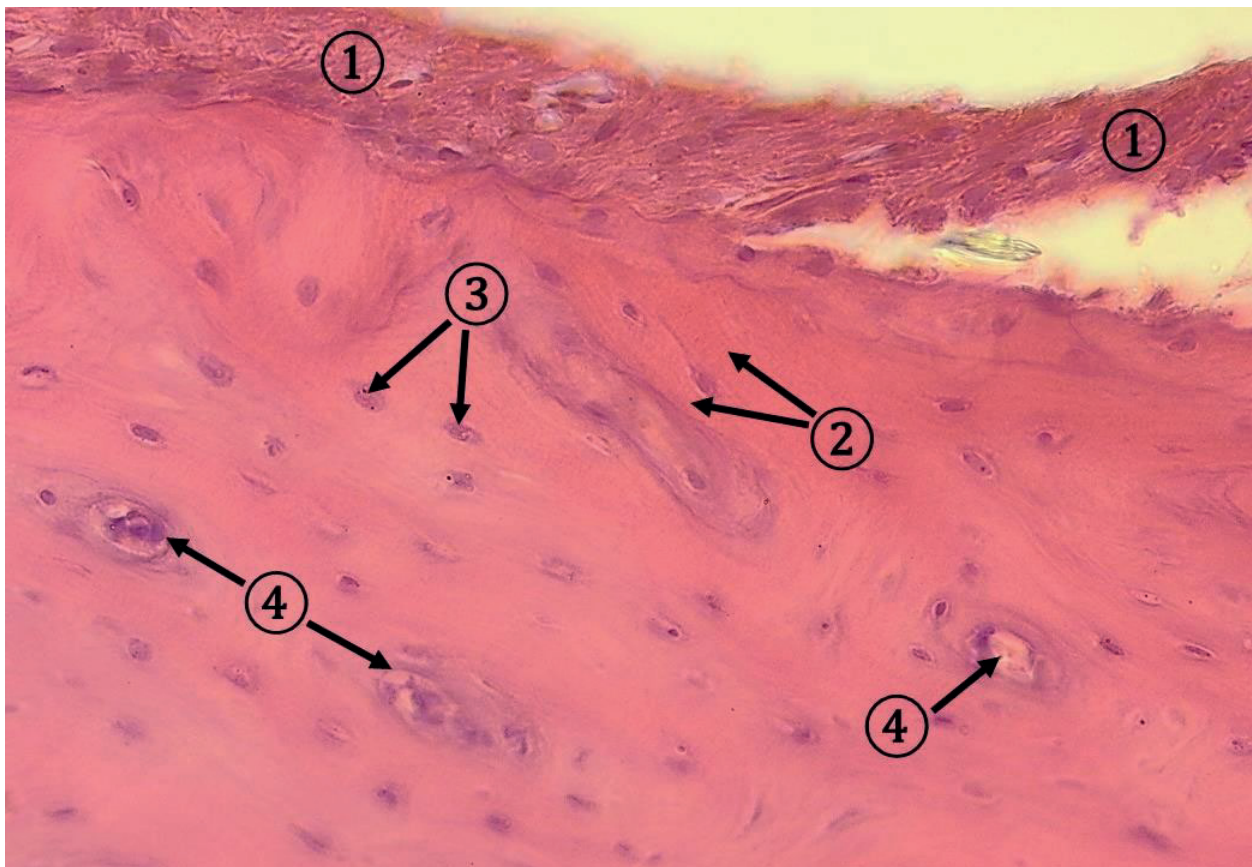
Obr. 7.16 Rozhranie medzi kompaktnou kosťou diafýzy a kostnou dreňou. 1 – vnútorné plášťové lamely, 2 – osteoblasty, 3 – riedke kolagénové väzivo endostu, 4 – tukové bunky v kostnej dreni, 5 – bunky hematogénnej kostnej drene, 6 – krvná cieva. (Os – pričný prierez diafýzou, farbenie: HE)

V epifýzach sa nachádza špongiózne lamelárne kostné tkanivo, tvorené anastomozujúcimi kostnými trámami, pokrytými endostom. Dutinky medzi kostnými trámami sú vyplnené kostnou dreňou. Povrch epifýz je tvorený tenkou vrstvou kompaktného lamelárneho kostného tkaniva. Kĺbové plochy epifýz sú pokryté hyalínovou chrupkou. Kostné trámce obsahujú len paralelné lamely s osteocytmi, Haversove systémy sa vyskytujú len ojedinele.

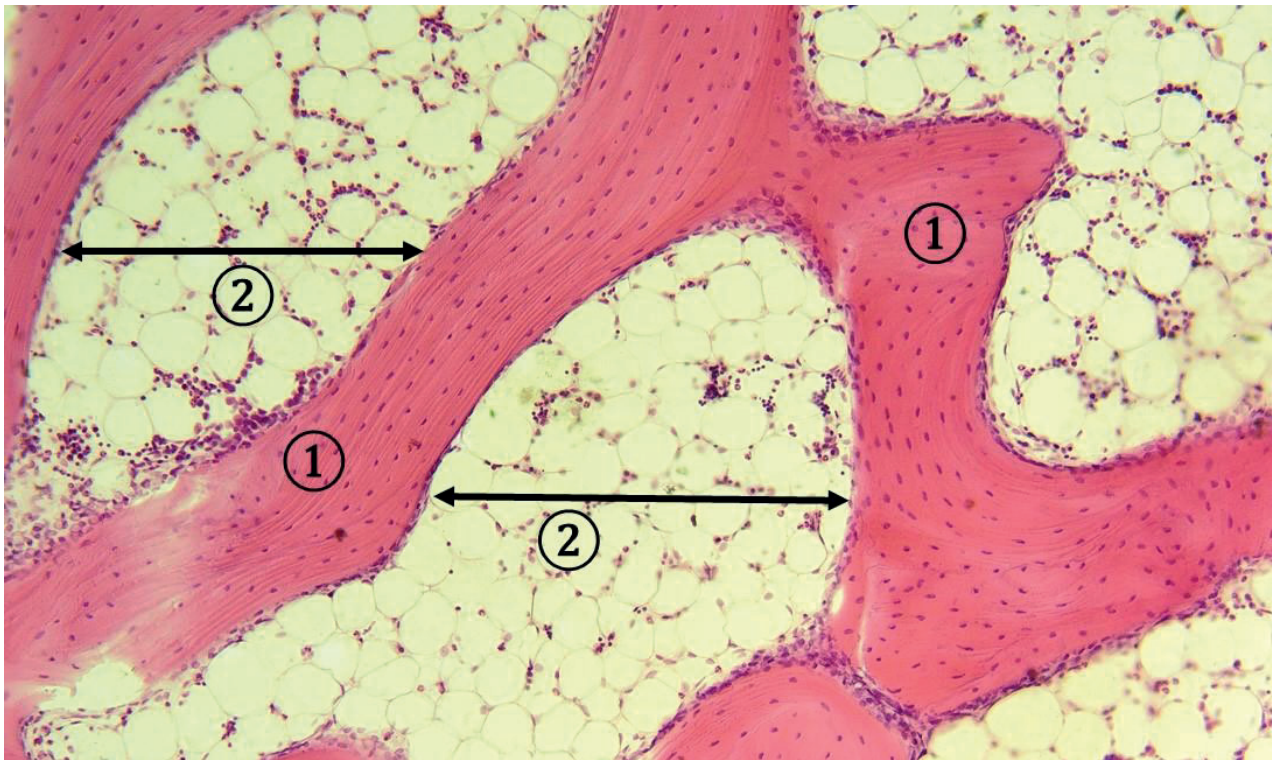
Periost pokrýva vonkajší povrch kosti, tvoria ho dve vrstvy:

1. **vonkajšia vrstva** zložená z hustého kolagénového väziva s obsahom hrubých zväzkov kolagénových vlákien, fibroblastov, ciev a nervov. Počas vývoja kosti prestupujú kolagénové vlákna (**Sharpeyove vlákna**) z periostu do kostného tkaniva, kde sú zaliate do mineralizovaného kostného matrixu, čo zabezpečí pevné pripojenie periostu ku kosti.
2. **Vnútna vrstva** obsahuje neaktívne, ploché osteoprogenitorové bunky, alebo osteoblasty, pri aktívnej prestavbe kosti.

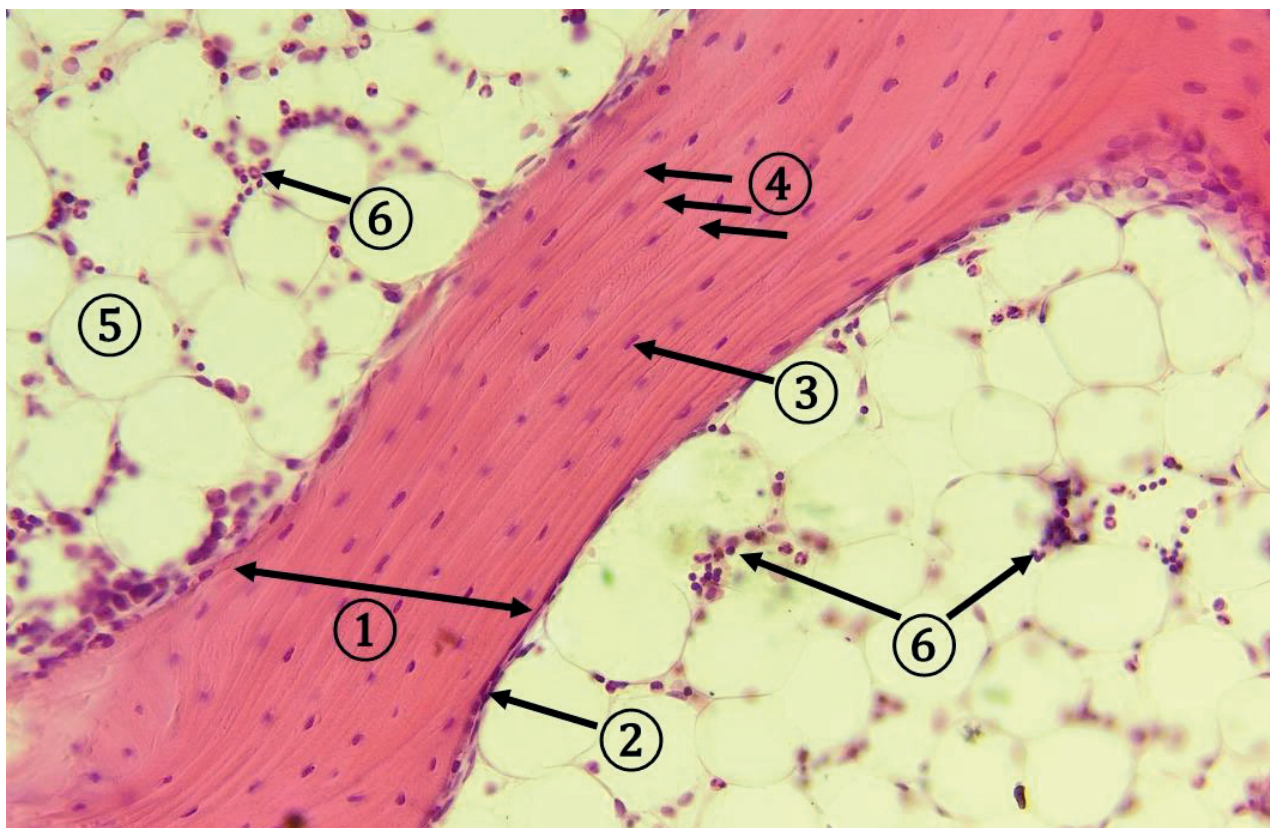
Endost vystiela vnútorný povrch kosti. Je tvorený tenkou vrstvou riedkeho kolagénového väziva s cievami, na kostné tkanivo naliehajú ploché osteoprogenitorové bunky alebo osteoblasty kubického tvaru.



Obr. 7.17 Periost na povrchu diafýzy. 1 – periost, 2 – kostné lamely, 3 – osteocyt, 4 – Haversov kanál. (Os – priečny prierez diafýzou, farbenie: HE)



Obr. 7.18 Špongiózne kostné tkanivo epifýzy. 1 – kostný trámec, 2 – dutinky v špongióznej kosti vyplnené kostnou dreňou. (Os – epiphysis, farbenie: HE)



Obr. 7.19 Špongiózne kostné tkanivo epifýzy. 1 – kostný trámec, 2 – endost s osteoprogenitorovými bunkami, 3 – osteocyt, 4 – paralelné kostné lamely, 5 – tuková bunka, 6 – hematogénne ostrovčeky v kostnej dreni. (Os – epiphysis, farbenie: HE)

7.3 Vývoj kostného tkaniva

Kostné tkanivo sa vyvíja priamo z embryonálneho väziva – mezenchýmu, alebo na základe chrupkového modelu kosti procesom, ktorý sa nazýva **osifikácia**. V oboch typoch osifikácia prebieha na princípe **diferenciácie a aktivácie osteoblastov**, ktoré začnú produkovať kostnú hmotu. Keď sa osteoblasty obklopa medzibunkovou hmotou zmenia sa na menej aktívne **osteocyty**, vzniká vláknité kostné tkanivo (má sieťovito prebiehajúce kolagénové vlákna a nižší stupeň mineralizácie). Vláknité kostné tkanivo bude postupne odbúravané **osteoklastami** a nahrádzané novými vrstvami kostného matrixu, čím dôjde k zmene tvaru kostných trámecov - remodelácii a postupnej prestavbe vláknitého kostného tkaniva na lamelárne.

Dezmogénna (intramembránová) osifikácia je vznik kostného tkaniva priamo vo väzivovom blastéme, ktorý je tvorený zahusteným **mezenchýmom**.

Chondrogénna osifikácia prebieha v **chrupkovom modeli** budúcich kostí, proces prebieha tak, že sa chrupka postupne odbúrava a nahrádza kostným tkanivom.

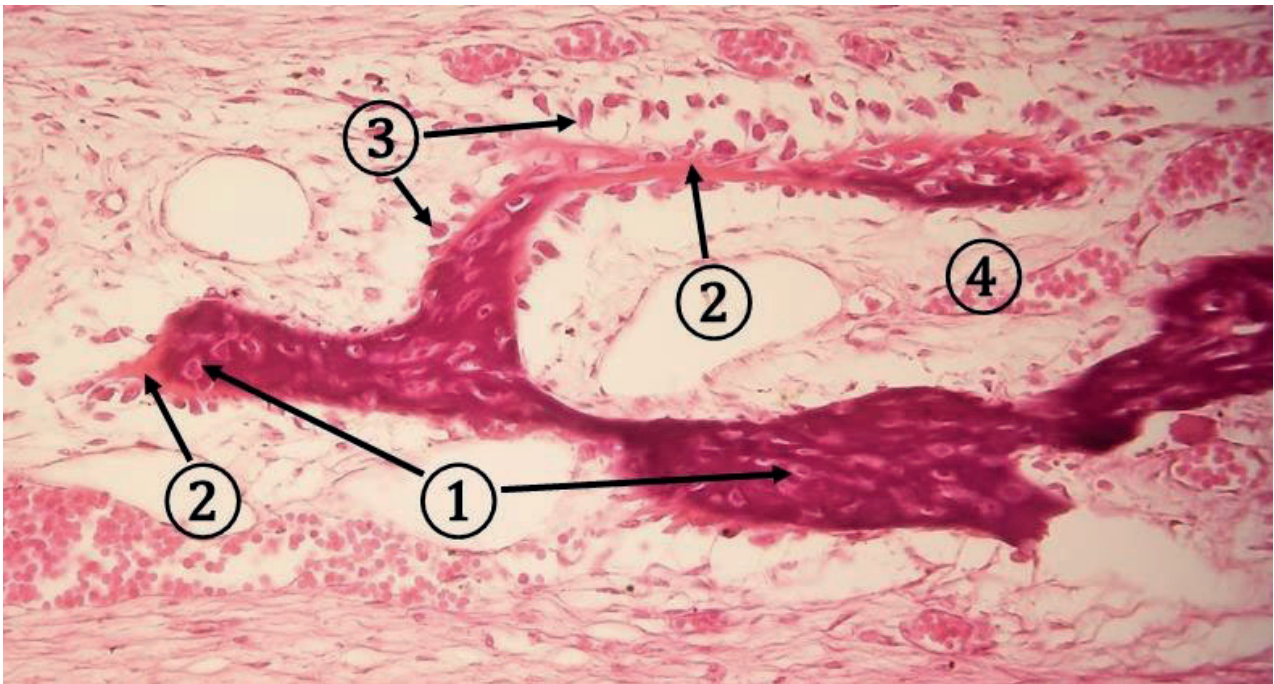
7.3.1 Dezmogénna osifikácia (intramembránová)

Dezmogénnou osifikáciou vznikajú ploché kosti lebky, sánka, čeľusť, kľúčna kosť.

Primárna osifikácia plochých kostí lebky začína vytvorením zahustených centier mezenchýmu. Z mezenchýmových buniek sa diferencujú osteoblasty, ktoré začnú ukladať kolagénové vlákna a zložky medzibunkovej hmoty do svojho okolia, osteoblasty sa zmenia na menej aktívne osteocyty obklopené kostným matrixom. Vznikajú prvé ostrovčeky, neskôr **spikuly kostného matrixu**. Nové osteoblasty sa naďalej diferencujú na povrchu formujúcich sa kostných spikul a ukladajú nové vrstvy kostného matrixu. Týmto opakujúcim sa procesom vzniknú **anastomozujúce kostné trámce (trabeculae)** primárneho vláknitého kostného tkaniva, s epiteloidne uloženými osteoblastami na ich povrchu. Na povrch kostných trámecov sa ukladajú aj osteoklasty, ktoré odbúravajú kostné tkanivo a tak zabezpečujú jeho remodeláciu. Dutinky medzi hrubnúcimi kostnými trámcami sú vyplnené mezenchýmom, z ktorého sa postupne diferencujú bunky budúcej kostnej drene a krvné cievy. Remodelácia a zmena tvaru plochých kostí lebky úzko súvisí s rastom mozgu. Mezenchým na vonkajšej ploche kosti dáva základ pre vznik väzivového periostu.

Sekundárna osifikácia plochých kostí lebky sa začína postupným prebudovaním vláknitého kostného tkaniva na **sekundárne lamelárne kostné tkanivo**. Definitívne ploché kosti lebky sa skladajú z dvoch vrstiev kompaktného kostného tkaniva, medzi ktorými je špongiózne kostné tkanivo - **diplöe**.

Osifikujúce ploché kosti lebky sú najhrubšie v strede, kde začala osifikácia a najtenšie na okraji, kde sa zachová väzivový základ pre švy a fontanely.



Obr. 7.20 Dezmozogénna osifikácia čelovej kosti. 1 – kostné trámce s osteocytmi v lakúnach, 2 – svetlo sfarbený eozinofilný osteoid, 3 – osteoblasty na povrchu formujúcich sa kostných trámcov, 4 – krvné cievy s erytrocytmi. (Ossificatio os frontale, farbenie: HE)



Obr. 7.21 Detail dezmozogénnej osifikácie temennej kosti. 1 – kostná spikula, 2 – svetlo sfarbený eozinofilný osteoid, 3 – zahustený mezenchým, z ktorého sa diferencujú nové osteoblasty, 4 – osteocyty v kostnom matrixe, 5 – osteoblasty. (Ossificatio os parietale, farbenie: HE)

7.3.2 Enchondrálna osifikácia

Enchondrálnou osifikáciou vzniká väčšina kostí skeletu človeka (dlhé, krátke a nepravidelné kosti). Počas prenatalného vývoja sa vytvoria najprv chrupkové modely ako základ pre budúce kosti.

Princíp enchondrálnej osifikácie pri vývoji dlhej kosti: Pri vývoji dlhých kostí prebiehajú súbežne dva deje:

1. **enchondrálna osifikácia** (*ossificatio endochondralis*) - zabezpečí **rast chrupkového modelu kosti do dĺžky**;
2. **perichondrálna osifikácia** (*ossificatio perichondralis*) - osteogénnou aktivitou z perichondria (neskôr z periostu) nastane postupné **hrubnutie budúcej diafýzy kosti**, aktívnym ukladaním kostného tkaniva osteoblastami, podobne ako pri dezmozogénnej osifikácii.

7.3.2.1 Primárna osifikácia dlhých kostí

Enchondrálna (chondrogénna) osifikácia prebieha na podklade hyalínovej chrupky, ktorá má podobný tvar ako budúca kosť. Vo vnútri chrupky v strede diafýzy začnú hypertrofovať chondrocyty, vznikne tzv. **primárne osifikačné centrum**. Chondrocyty sa zväčšujú, v ich cytoplazme sa hromadí glykogén a lipidové kvapôčky, bunky začnú produkovať alkalickú fosfatázu, ktorá prispieva k mineralizácii okolitého matrixu. Chondrocyty produkujú VEGF (vascular endothelial growth factor), ktorý vplýva na angiogénu (prerastanie osifikačných ciev), diferenciaciu osteoblastov z mezenchýmových buniek a aktiváciu chondroblastov a osteoklastov.

Hypertrofia a neskôr degenerácia chondrocytov je spôsobená obmedzením prístupu živín do chrupky difúziou látok z perichondria, ako následok formovania tenkej vrstvičky kostného tkaniva – **kostného prstenca (manžety) diafýzy** pod perichondriom – **osteogénnou aktivitou** diferencovaných osteoblastov. Väzivo pri kostnom prstenci sa už nazýva periost. Periostálny nárast kostného prstenca až manžety, postupuje longitudinálne od stredu diafýzy, smerom k oboj budúcim epifýzám. V ďalšej fáze **osteoklasty** svojou resorpčnou aktivitou začnú vytvárať chodbičky v kostnej manžete, a tak umožnia **rast osifikačných ciev** z periostu do primárneho osifikačného centra (vplyv VEGF). Prerastajúce cievy sú sprevádzané diferencujúcimi sa preosteoblastami a mezenchýmovými bunkami. Na hrotoch rastúcich ciev sú prítomné mnohjadrové **chondroblasty** (funkčne a morfológicky podobné osteoklastom). Degenerované chondrocyty a ich okolitý teritoriálny matrix v primárnom osifikačnom centre sú postupne odbúrané chondroblastami. Na zvyšky zväpenateného interteritoriálneho chrupkového matrixu, na tzv. **smerové trámce** sa ukladajú osteoblasty produkujúce **osteoid**, do ktorého sú niektoré bunky zaliate a stávajú sa osteocytmi. Proces odbúravania chrupky a rast osifikačných ciev od stredu pokračuje longitudinálne smerom k oboj epifýzám.

Procesom enchondrálnej osifikácie sa postupne nahrádza chrupkové tkanivo vo vnútri diafýzy primárnym kostným tkanivom vo forme tenkých spikúl a neskôr hrubých anastomozujúcich trabekúl.

Ako narastá hrúbka periostálnej kostnej manžety, dočasne vytvorené kostné trámce vo vnútri diafýzy sú resorbované osteoklastami a v strede diafýzy postupne vzniká dreňová dutina vyplnená kostnou dreňou s cievami.

Nárast chrupkového modelu kosti do dĺžky je zabezpečený proliferáciou chondrocytov. To znamená, že od stredu diafýzy sú chondrocyty odbúrané a od oboch epifýz dochádza k proliferácii chondrocytov, vytvárajúcich nové izogenetické skupiny v tvare stĺpcov.

Počas **enchondrálnej osifikácie** sú vytvorené charakteristické **zóny** od epifýzy smerom k dutine diafýzy nasledovne:

1. zóna normálnej (intaktnej) hyalínovej chrupky
2. zóna rastúcej chrupky - proliferácie chondrocytov
3. zóna hypertrofie chondrocytov
4. zóna hypertrofie chondrocytov a kalcifikácie chrupky
5. línia erózie
6. zóna osteoidná
7. zóna osiformná
8. zóna resorpcie

Rovnaká postupnosť morfológických zmien prebieha v hyalínovej chrupke rastovej platničky (epifýzodiafýzárna platnička). Rastová platnička sa nachádza medzi epifýzou a diafýzou. Mitotické delenie chondrocytov v platničke zabezpečuje predlžovanie kosti do dĺžky približne do 20. roku života. Po definitívnom odbúraní chrupky rastovej platničky a nahradením kostným tkanivom je rast kosti do dĺžky ukončený.

1. **Zóna normálnej (intaktnej) hyalínovej chrupky** sa nachádza pod kostným tkanivom epifýzy. Zóna obsahuje malé oválne chondrocyty zvyčajne jednotlivo uložené.
2. **Zóna rastúcej chrupky** obsahuje chondrocyty, ktoré sa mitoticky delia a vytvárajú podlhovasté izogenetické skupiny - vertikálne uložené izogenetické stĺpce sploštených chondrocytov, oddelených malým množstvom chrupkového matrixu.
3. **Zóna hypertrofie chondrocytov.** Vzhľadom k tomu, že na periférii chrupky narastá kostná manžeta, chondrocyty začínajú resorbovať materiál chrupkového matrixu, čo spôsobí zväčšenie lakún. Samotné chondrocyty akumulujú vo svojej cytoplazme glykogén a lipidy, zväčšujú sa – hypertrofujú. Zároveň chondrocyty začnú vylučovať alkalickú fosfatázu, ktorá spôsobí následné ukladanie kalcia do chrupkového matrixu.

4. **Zóna hypertrofie chondrocytov a kalcifikácie chrupky.** Medzi izogenetickými skupinami nastáva kalcifikácia chrupkového matrixu (farbí sa svetlo bazofilne). Lakúny sú výrazne veľké, obsahujú chondrocyty penovitého vzhľadu až scvrknuté chondrocyty, podliehajúce postupnej degenerácii s následnou apoptotickou smrťou buniek.
5. **Línia erózie** je oblasť, do ktorej prerastajú osifikačné cievy s chondroklastami, ktoré resorbujú odumreté chondrocyty a časť chrupkového kalcifikovaného matrixu. Zvyšky mineralizovaného chrupkového matrixu ponechávajú ako „smerové trámce“.
6. **Zóna osteoidná** je charakteristická ukladaním osteoblastov na smerové trámce (bazofilne sa farbiace). Osteoblasty produkujú nemineralizovaný kostný matrix – osteoid (eozinofilne sa farbiaci). Medzi novovzniknutými trámcami osteoidu sa z mezechýmového väziva formuje kostná dreň a cievy.
7. **Zóna osiformná** je charakteristická vytvorením kostných trámcov s osteocytmi. Na povrchu trámcov sa nachádzajú osteoblasty. Kalcifikáciou osteoidu kostných trámcov vzniká primárne vláknité kostné tkanivo.
8. **Zóna resorpcie** v dlhých kostiach diafýzy je charakteristická postupnou resorpciou kostných trámcov osteoklastami. V diafýze sa formuje dreňová dutina s tvorbou hematogénnej - červenej kostnej drene.

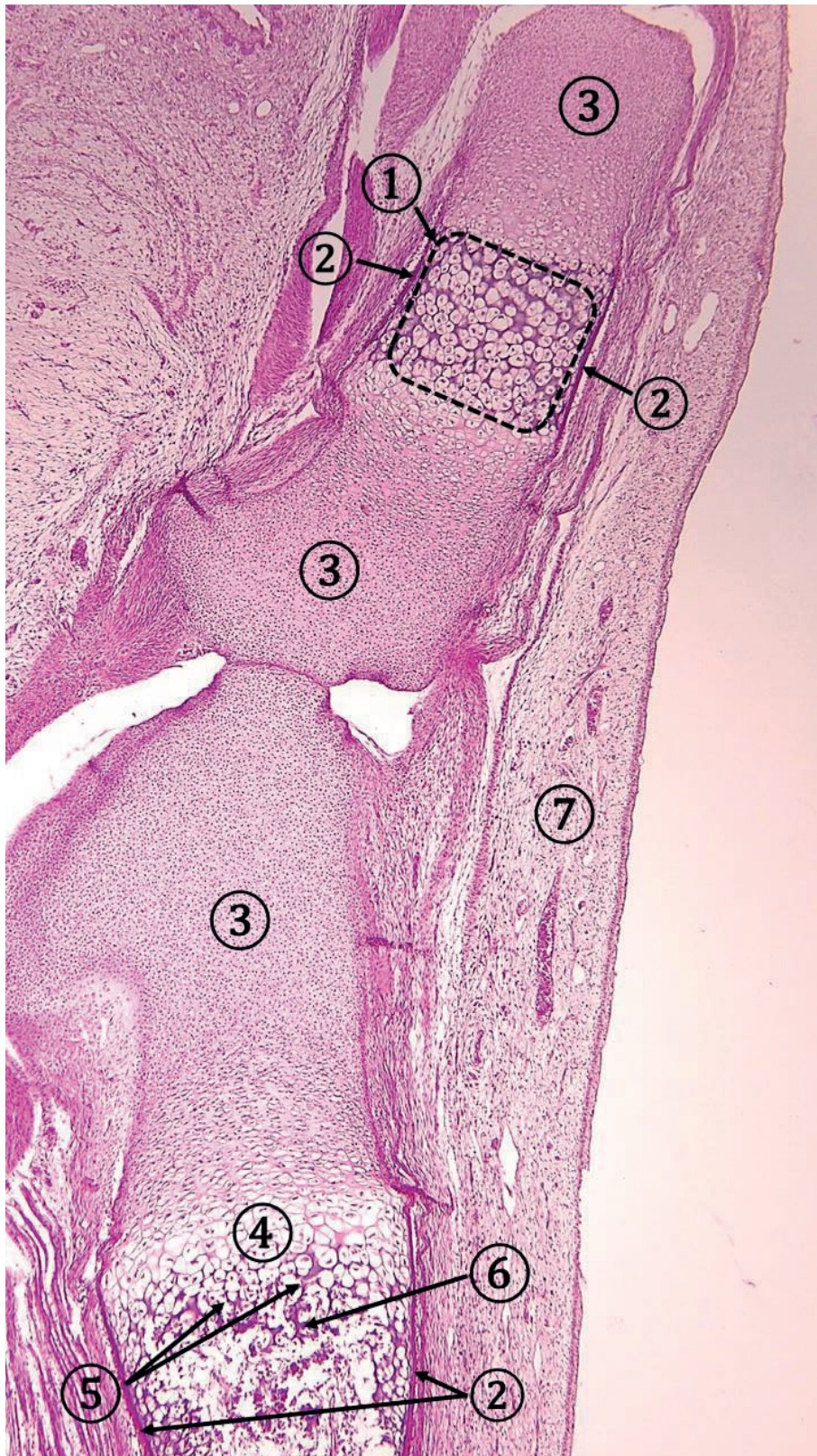
7.3.2.2 Sekundárna osifikácia dlhých kostí

Primárne, vláknité kostné tkanivo sa postupne prebuduje aktivitou osteoklastov a osteoblastov na sekundárne lameláne kostné tkanivo. Lamelárna prestavba sa začína v strede diafýzy, postupuje longitudinálne a radiálne od dreňovej dutiny. Vzniká kompaktná lamelárna kosť s husto usporiadanými osteónmi, inersticiálnymi lamelami a plášťovými lamelami na povrchoch diafýzy. Tento proces prestavby prebieha aktívne počas rastu jedinca.

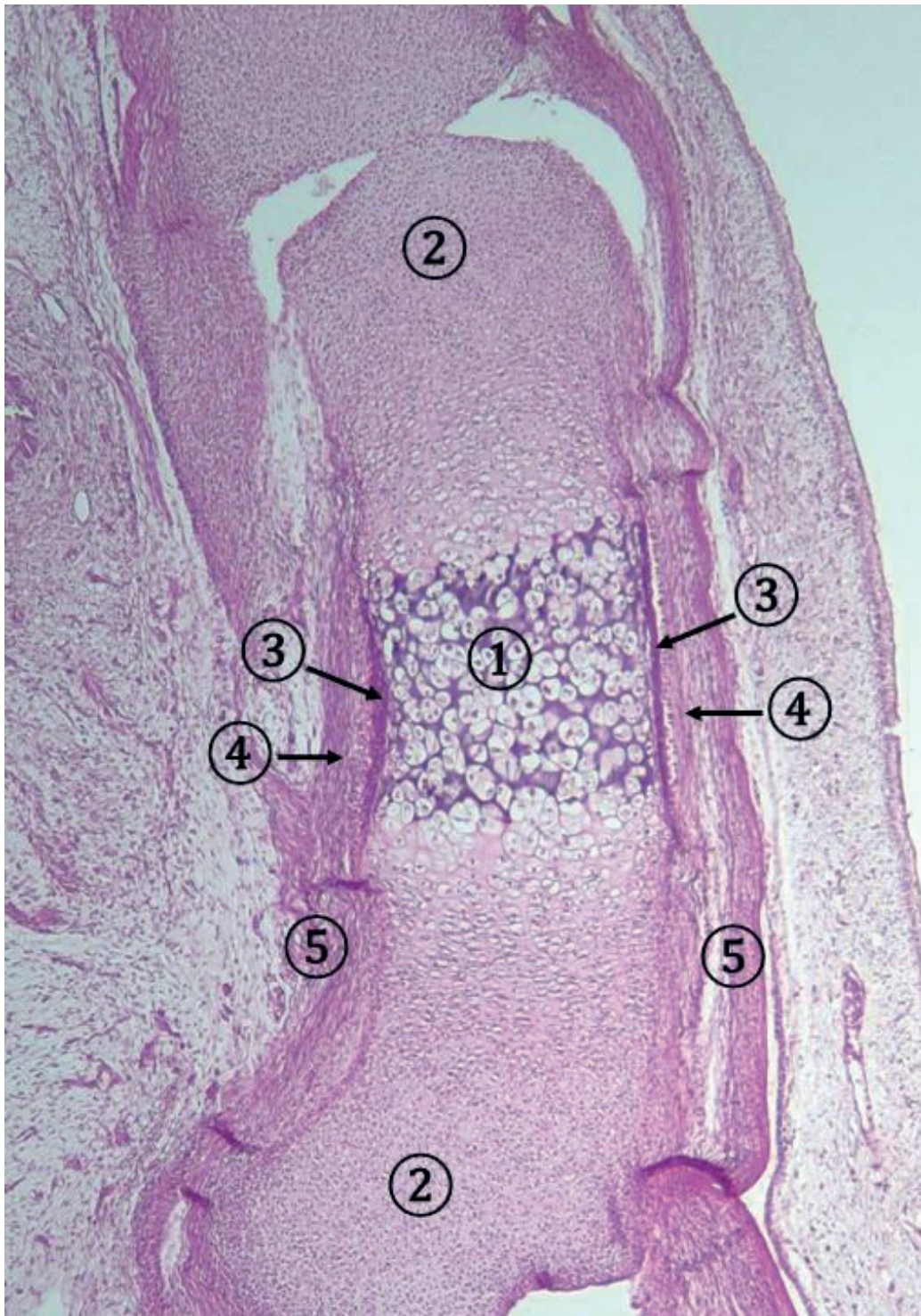
Zhrnutie základných etáp vývoja.

Primárne osifikačné centrum v diafýze dlhých kostí vzniká v 3. mesiaci prenatalného vývoja. **V epifýzach vzniká sekundárne osifikačné centrum** na konci prenatalného vývoja alebo až po narodení. Proces nahrádzania chrupky kostným tkanivom je podobný, avšak odbúravanie chrupky sa deje radiálnym (lúčovitým) smerom od stredu epifýzy k jej okraju. Postupne vzniká primárne špongiózne kostné tkanivo s dutinkami vyplnenými kostnou dreňou s cievami. Periostálna osifikácia epifýz nastane podstatne neskôr – až po vymiznutí rastovej platničky. Medzi diafýzou a epifýzami sa zachová rastová platnička až do 20. – 25. roku života. Počas rastu jedinca je rastová platnička približne rovnako hrubá. Proliferácia chondrocytov v platničke je stimulovaná rastovým hormónom.

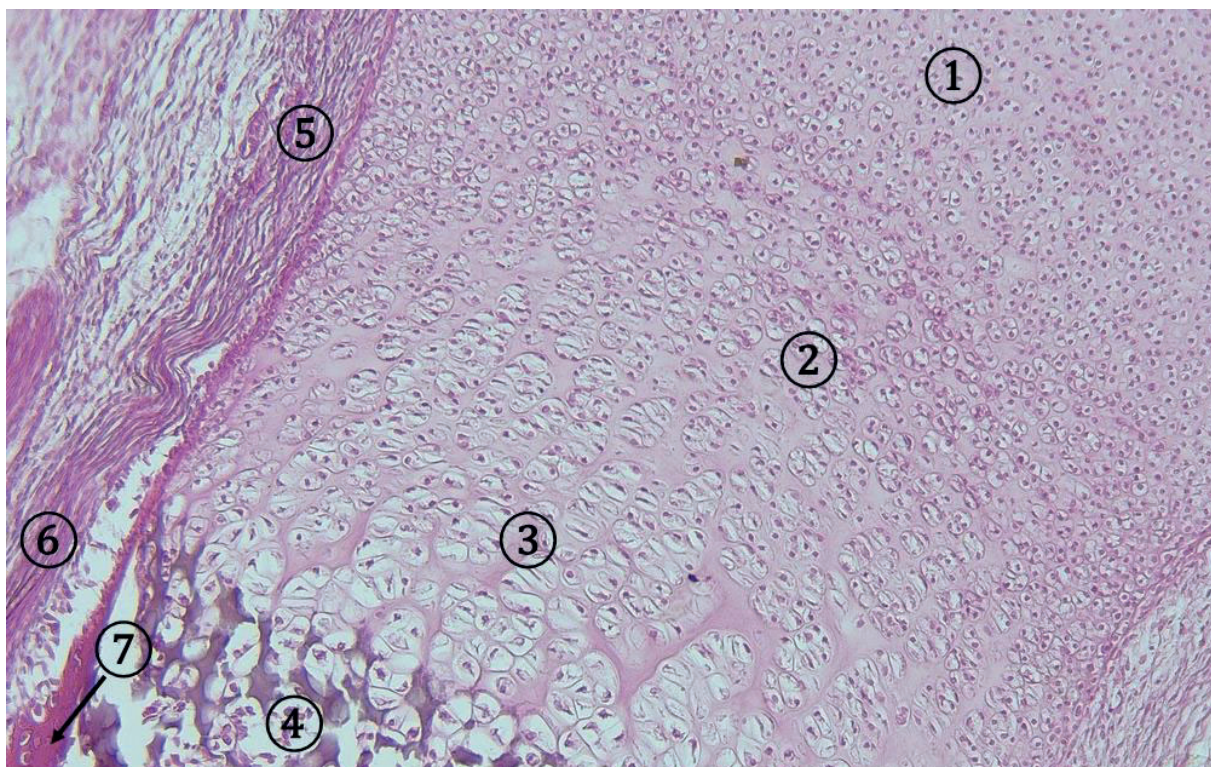
Prenatálny vývoj kostného tkaniva chondrogénna osifikácia



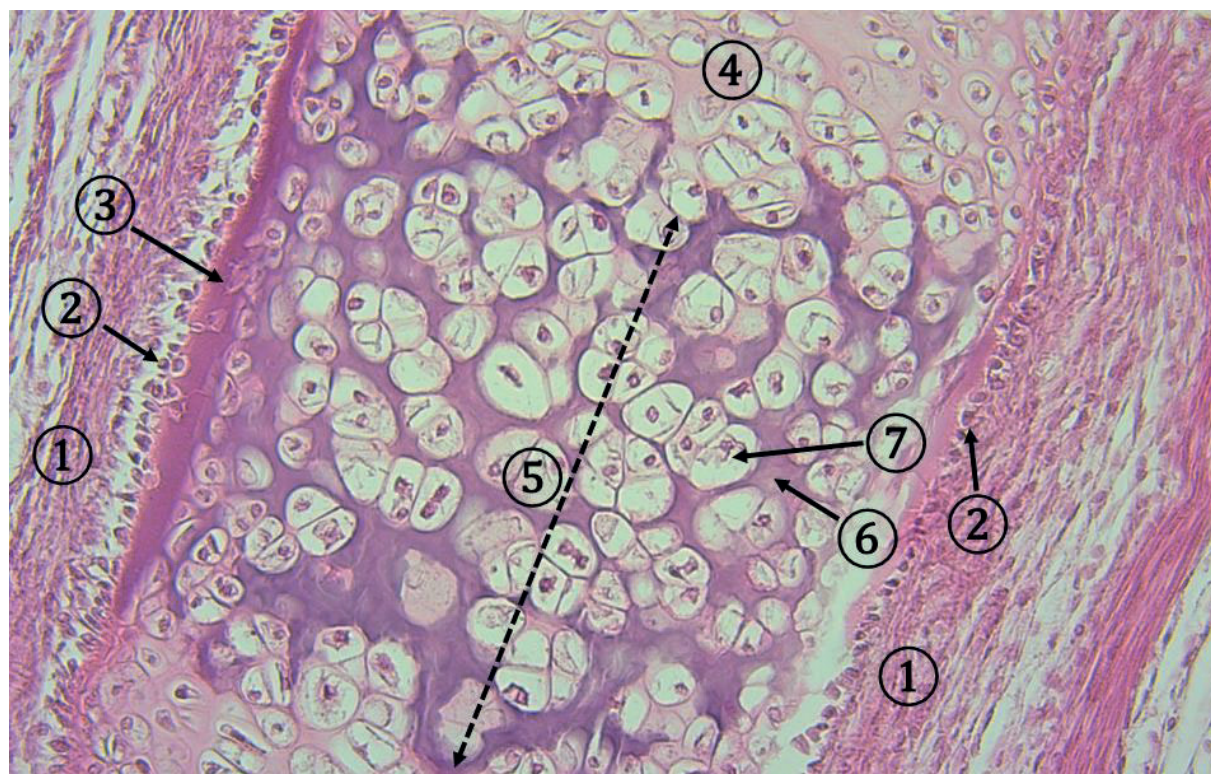
Obr. 7.22 Porovnanie dvoch vyvíjajúcich sa kostí. 1 – primárne osifikačné centrum s hypertrofovanými chondrocytmi a kalcifikovaným chrupkovým matrixom (bazofilný), 2 – tenký kostný prstenec diafýzy, 3 – hyalínová chrupka, 4 – zóna hypertrofovej kalcifikovanej chrupky s odumretými chondrocytmi v rozšírených lakúnach, 5 – línia erózie, 6 – smerový trámec v osteoidnej zóne, 7 – dermis kože. (Ossificatio ossa pedis farbenie: HE)



Obr. 7.23 Chrupkový model dlhej kosti s primárnym osifikačným centrom. 1 – primárne osifikačné centrum s hypertrofovanými chondrocytmi a kalcifikovaným chrupkovým matrixom (bazofilný), 2 – intaktná hyalínová chrupka v epifýzach, 3 – tenký kostný prstenec diafýzy, 4 – väzivo periostu, 5 – väzivo perichondria. (Ossificatio ossa pedis farbenie: HE)



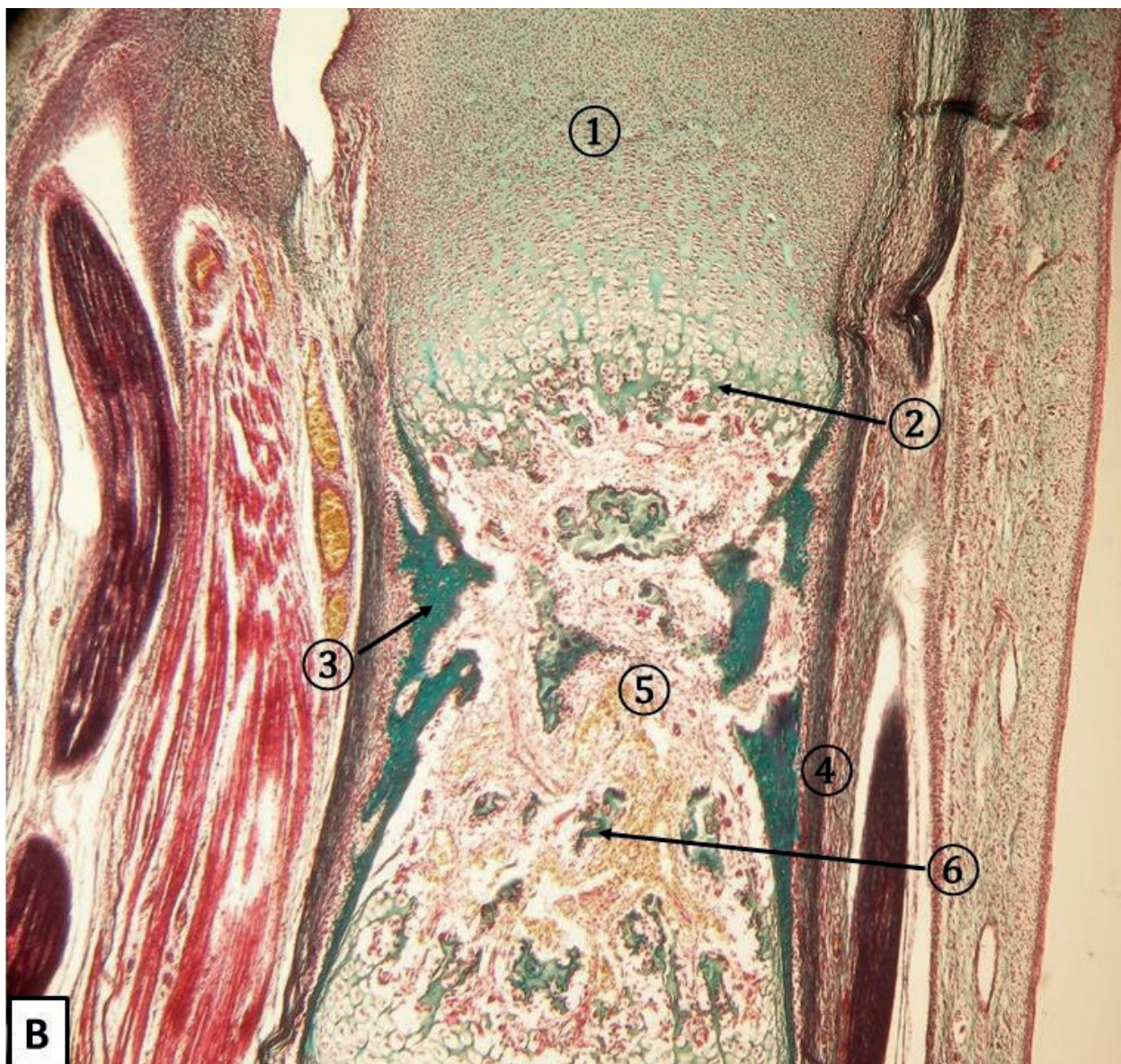
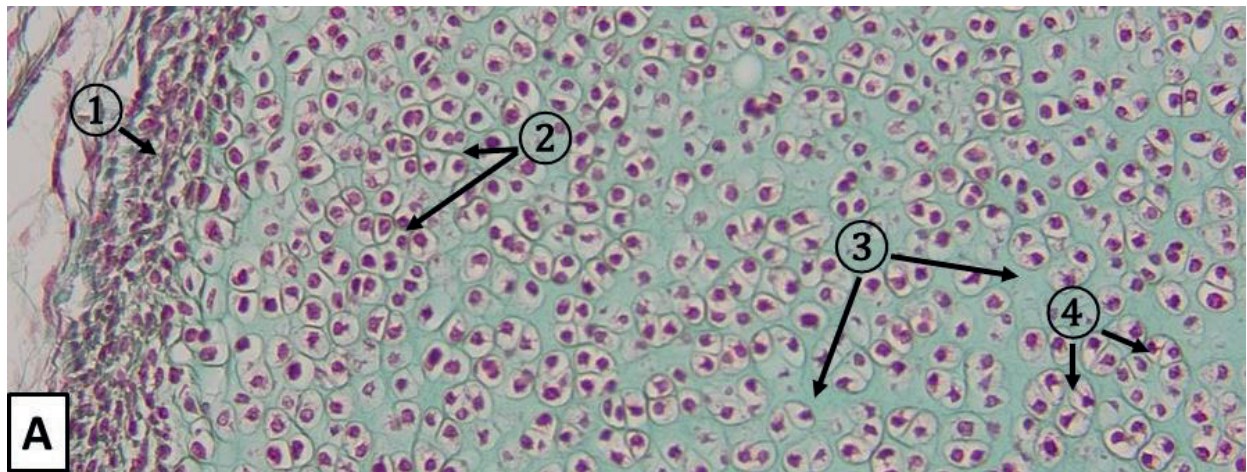
Obr. 7.24 Chrupkový model kosti. 1 – zóna normálnej chrupky, 2 – zóna proliferujúcej chrupky, 3 – zóna hypertrofovanej chrupky, 4 – zóna hypertrofovanej zväpnatej chrupky – primárne osifikačné centrum, 5 – perichondrium, 6 – periost, 7 – kostný plášť. (Ossificatio ossa pedis farbenie: HE)



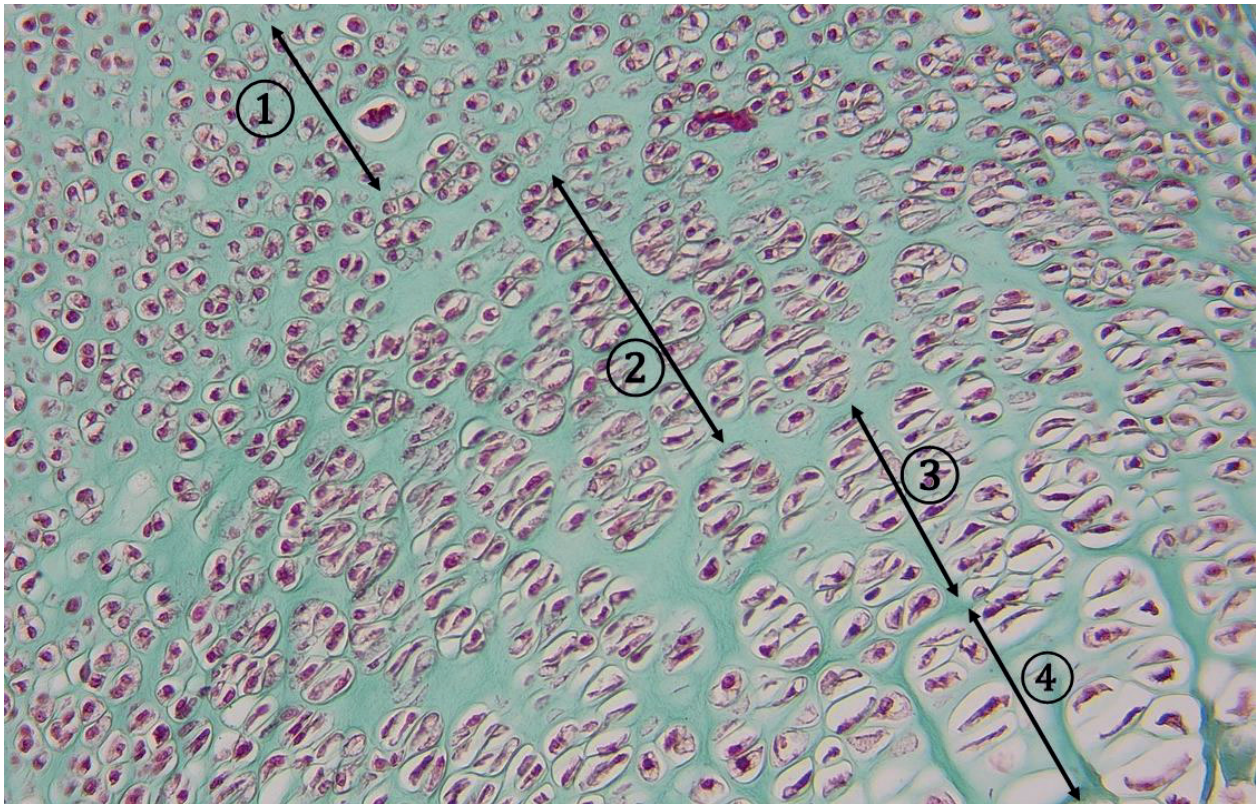
Obr. 7.25 Primárne osifikačné centrum. 1 – periost, 2 – osteoblasty, 3 – kostný prstenec, 4 – zóna hypertrofovanej nezväpnatej chrupky, 5 – zóna hypertrofovanej zväpnatej chrupky, 6 – zväpnatý chrupkový matrix (bazofilný), 7 – deformované chondrocyty v lakúnach. (Ossificatio ossa pedis farbenie: HE)



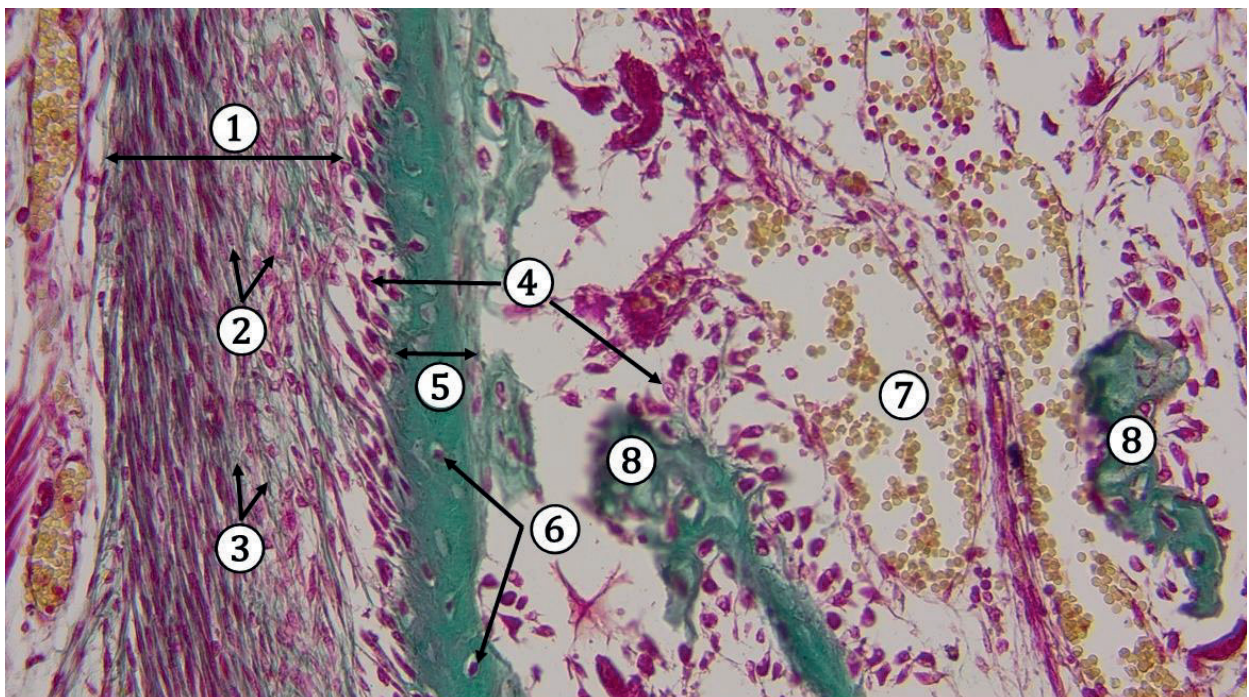
Obr. 7.26 Chrupkový model dlhej kosti s kostným plášťom v diafýze I. 1 – hyalínová chrupka, 2 – smerový trámec kalcifikovaného chrupkového matrixu v osteoidnej zóne, 3 – kostný plášť diafýzy, 4 – periost, 5 – osifikačné krvné cievy, 6 – koža. (Ossificatio ossa pedis farbenie: HE)



Obr. 7.27 Chrupkový model dlhej kosti s kostným plášťom v diafýze II. A. Detail hyalínovej chrupky epifýzy. 1 – chondrogénna vrstva, 2 – oválne chondrocyty s malým množstvom chrupkového matrixu, 3 – chrupkový matrix, 4 – izogenetické skupiny. B. Formovanie kostného tkaniva diafýzy. 1 – hyalínová chrupka epifýzy, 2 – smerový trámec kalcifikovaného chrupkového matrixu, 3 – kostný plášť diafýzy (zelený), 4 – periost, 5 – dreňová dutina kosti, 6 – kostný trámec. (Ossificatio ossa pedis, farbenie: Goldnerov zelený trichróm)

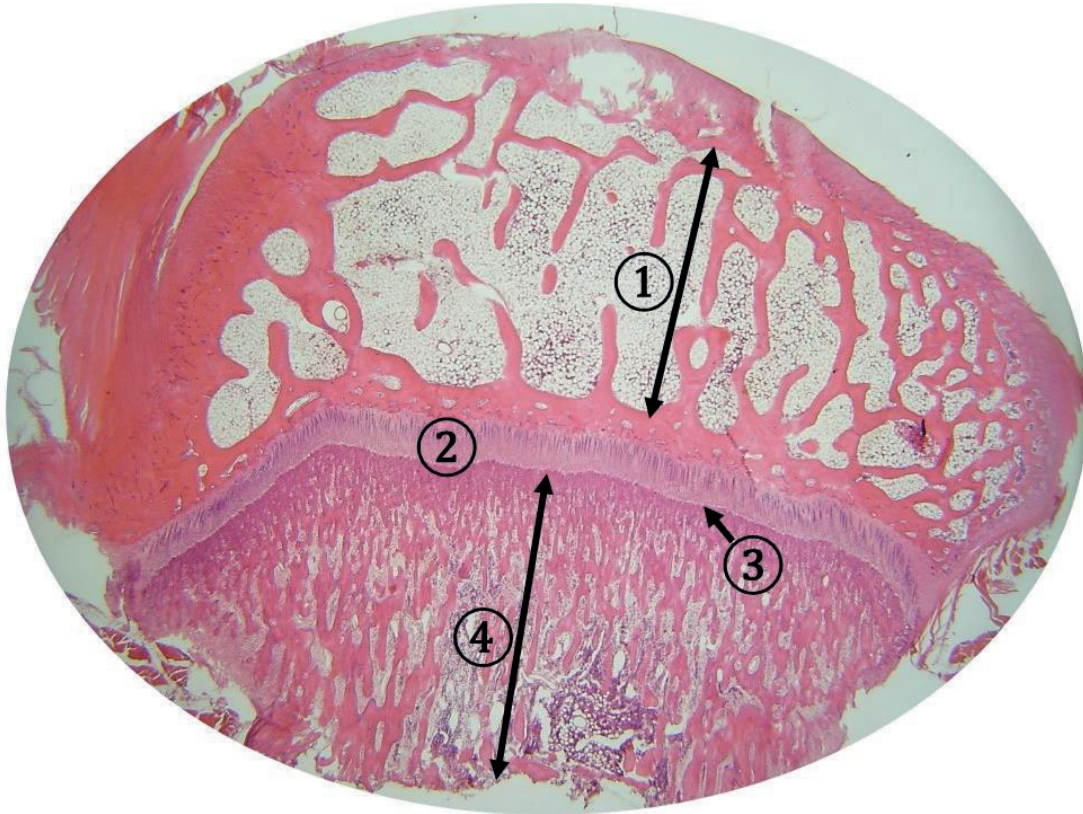


Obr. 7.28 Chrupkový model dlhej kosti – morfológické zmeny chondrocytov. 1 – zóna normálnej chrupky, 2 – zóna proliferujúcej chrupky, 3 – zóna hypertrofickej nekalcifikovanej chrupky, 4 – zóna hypertrofickej kalkifikovanej chrupky s degenerovanými, sevrknutými chondrocytmi v lakúnach. (Ossificatio ossa pedis, farbenie: Goldnerov zelený trichróm)

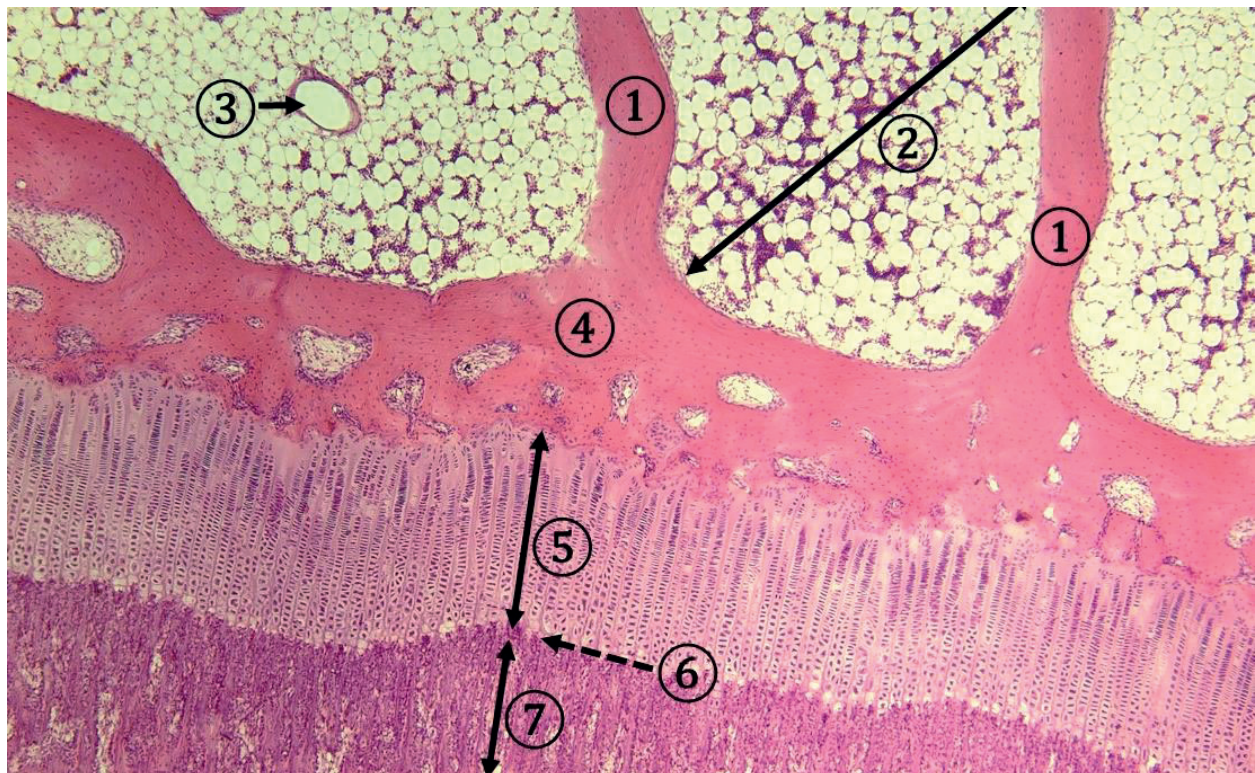


Obr. 7.29 Detail kostného plášťa diafýzy. 1 – periost, 2 – jadrá fibroblastov, 3 – tenké kolagénové vlákna (zelené) vyvíjajúceho sa periostu, 4 – osteoblasty, 5 – primárne kostné tkanivo diafýzy, 6 – osteocyty, 7 – krvné cievy kostnej drene, 8 – kostný trámec. (Ossificatio ossa pedis, farbenie: Goldnerov zelený trichróm)

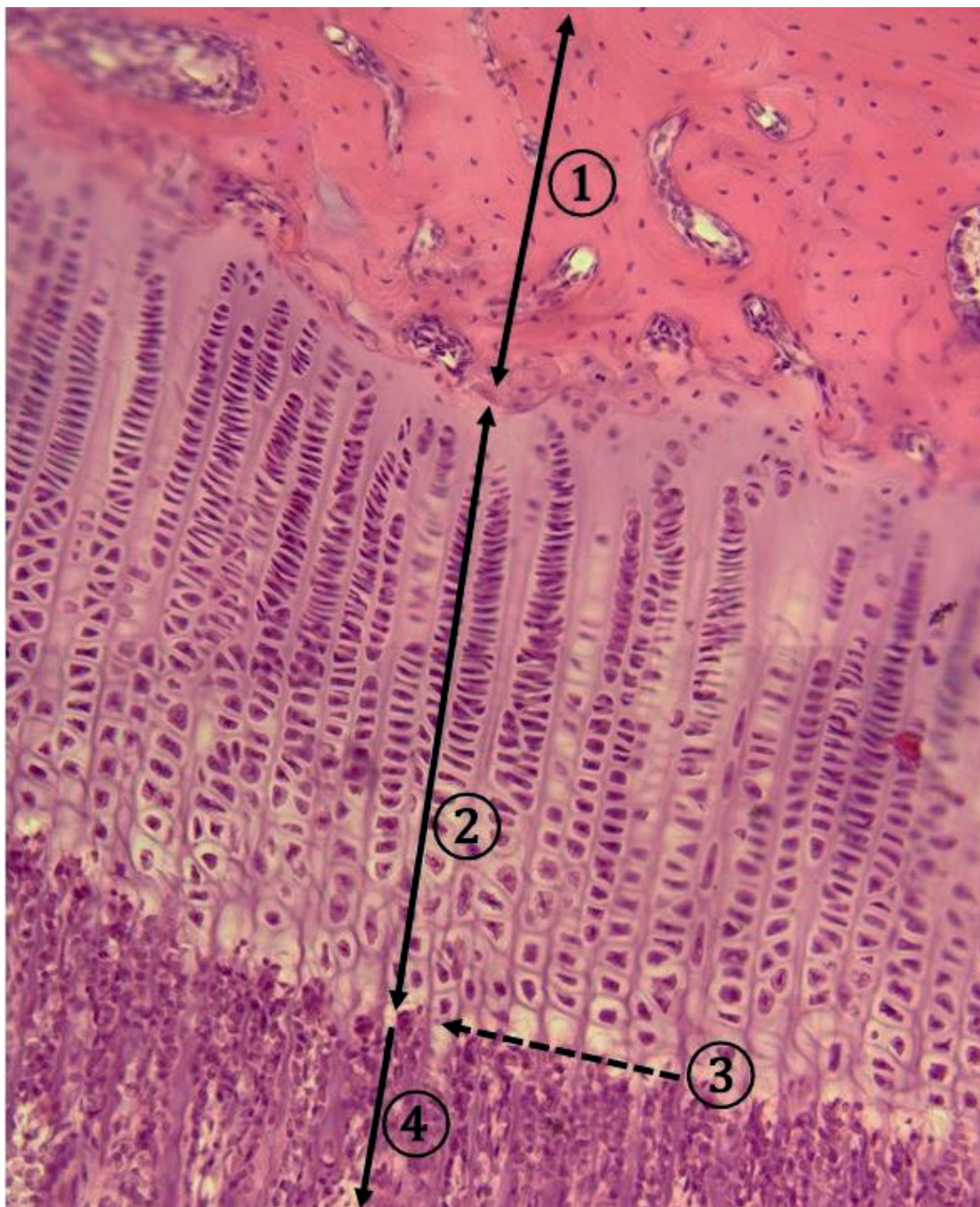
Rast dlhých kostí – rastová platnička



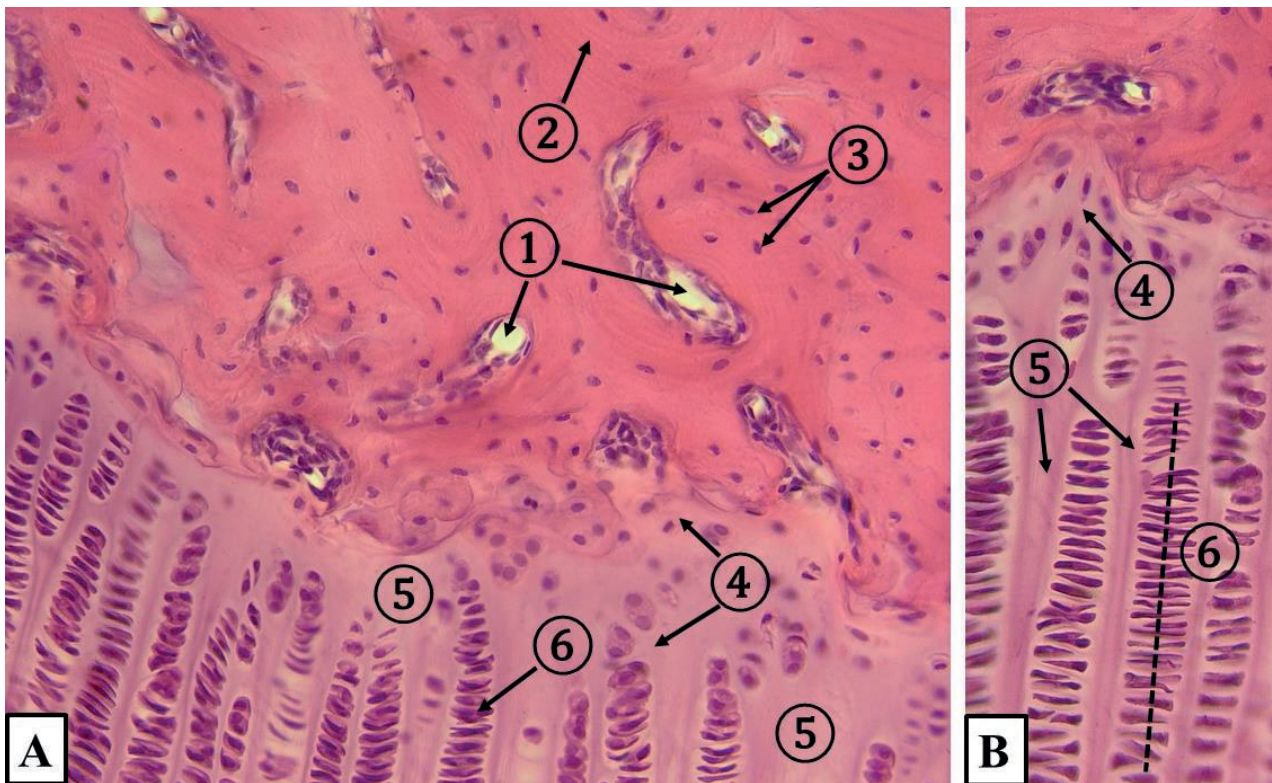
Obr. 7.30 Osifikácia – prehľad štruktúr. 1 – epifýza, špongiózne kostné tkanivo, 2 – epifýzodiafýzárna (rastová) platnička 3 – línia erózie, 4 – osteoidná a osiformná zóna. (Ossificatio, farbenie: HE)



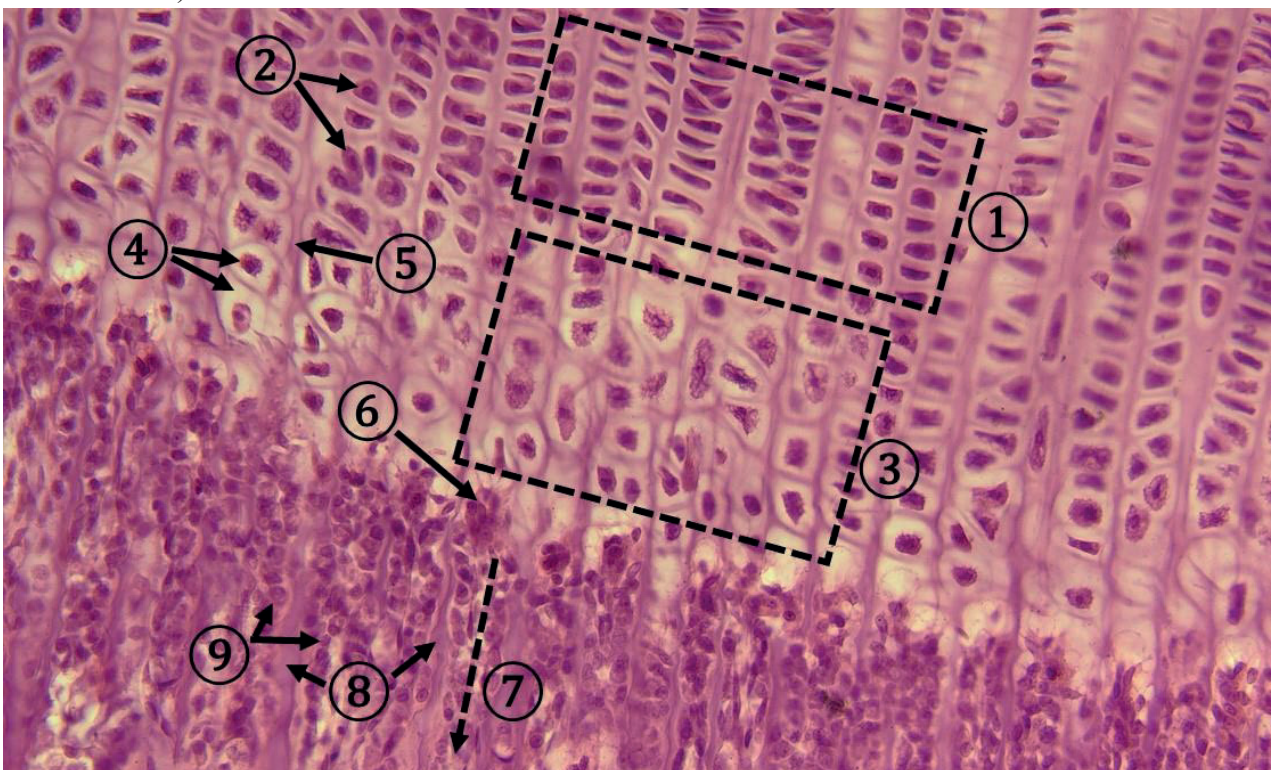
Obr. 7.31 Rozhranie epifýzy a rastovej platničky. 1 – kostný trámec špongiózneho kosti, 2 – kostná dreň, 3 – krvná cieva, 4 – kostné tkanivo epifýzy, 5 – rastová platnička (hyalínová chrupka), 6 – línia erózie, 7 – osteoidná zóna. (Ossificatio, farbenie: HE)



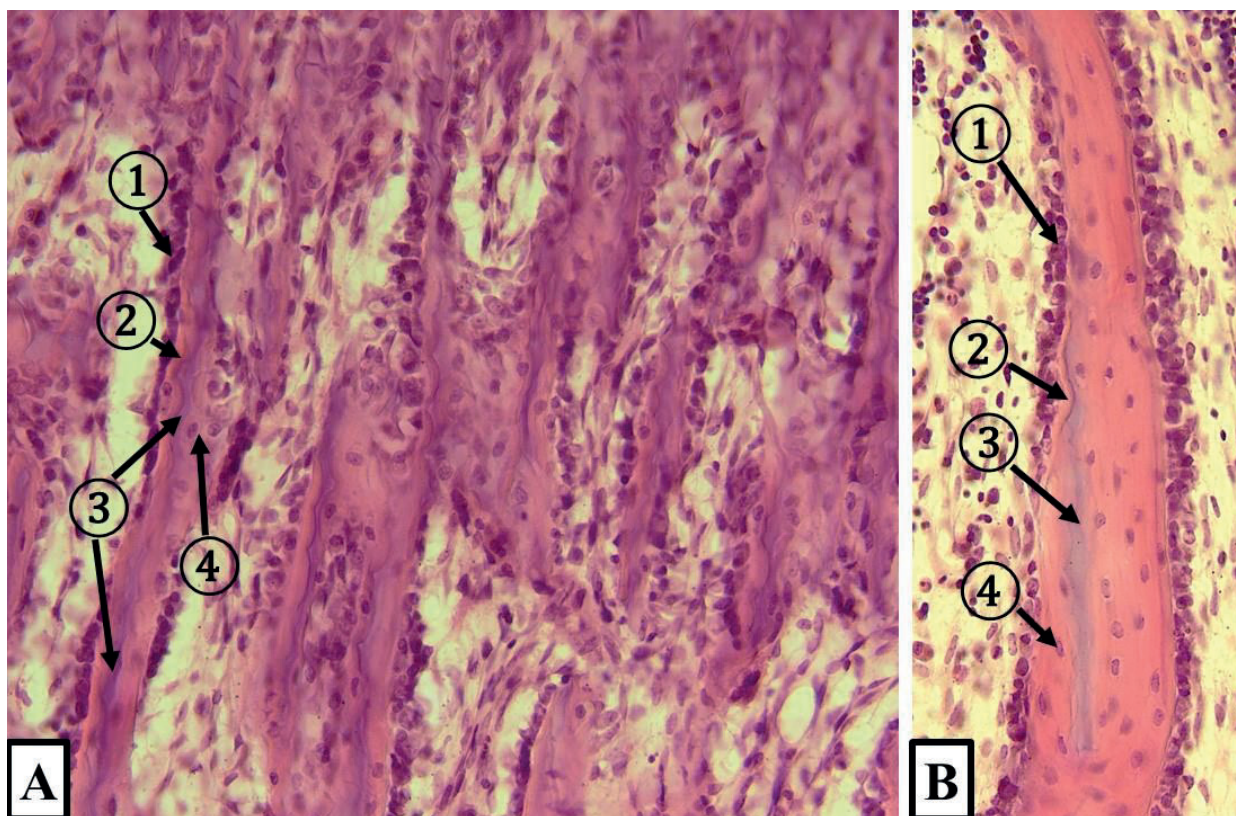
Obr. 7.32 Epifýzodiafyzárna platnička. 1 – kostné tkanivo epifýzy, 2 – izogenetické stĺpce chondrocytov v hyalínovej chrupke tvoriacej epifýzodiafyzárnu platničku, 3 – línia erózie na rozhraní chrupky a osteoidnej zóny, 4 – osteoidná zóna. (Ossificatio, farbenie: HE)



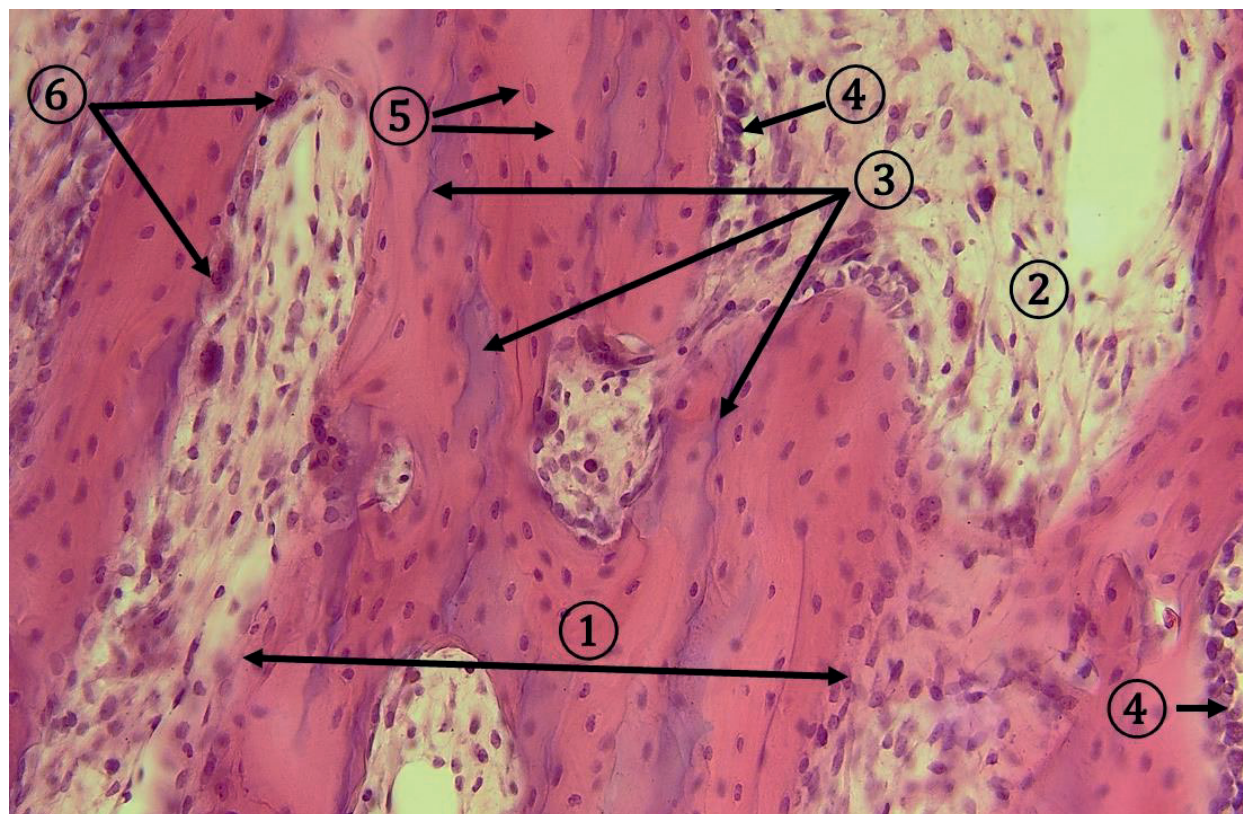
Obr. 7.33 Epifýzodiafyzárna platnička – zóna normálnej a dorastajúcej chrupky A – B. A. Kompaktné kostné tkanivo epifýzy: 1 – Haversove kanály v epifýze, 2 – kostná lamela, 3 – osteocyty. Rastová platnička: 4 – zóna normálnej hyalínovej chrupky, 5 – chrupkový matrix, 6 – stĺpcovité izogenetické skupiny chondrocytov v zóne dorastajúcej chrupky. (Ossificatio, farbenie: HE)



Obr. 7.34 Epifýzodiafyzárna platnička – zóny hypertrofovej chrupky. 1 – zóna hypertrofovej nekalcifikovanej chrupky, 2 – hypertrofované chondrocyty, 3 – zóna hypertrofovej kalcifikovanej chrupky, 4 – degenerované chondrocyty v lakúnach, 5 – kalcifikovaný chrupkový matrix, 6 – chondroklasty v línii erózie, 7 – osteoidná zóna, 8 – bazofilné smerové trámce, 9 – osteoblasty. (Ossificatio, farbenie: HE)



Obr. 7.35 Osteoidná zóna – A; Detail kostnej spikuly – B. 1 – osteoblasty, 2 – eozinofilný osteoid, 3 – bazofilný smerový trámec chrupkového matrixu, 4 – osteocyt v eozinofilnom kostnom tkanive. (Ossificatio, farbenie: HE)



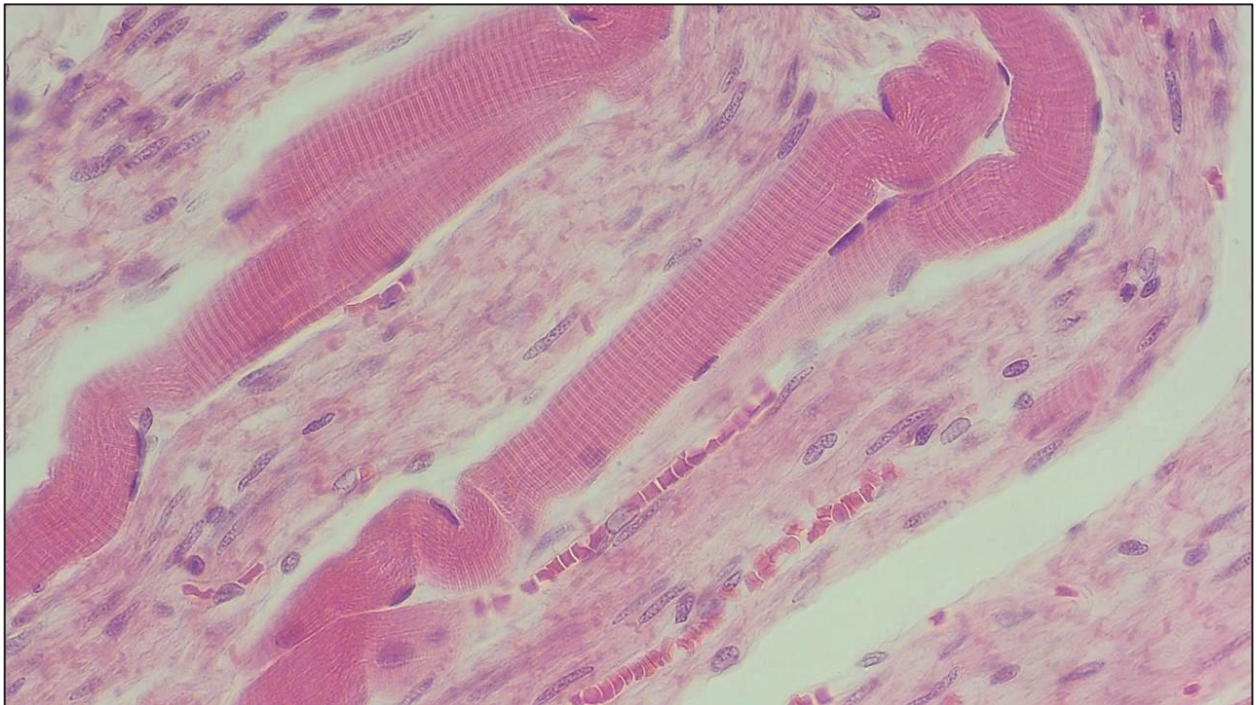
Obr. 7.36 Osiformná zóna. 1 – kostný trámec, 2 – kostná dreň, 3 – bazofilný smerový trámec chrupkového matrixu, 4 – osteoblasty na povrchu kostných trámecov, 5 – kostná hmota s osteocytmi, 6 – mnohoadrové osteoklasty. (Ossificatio, farbenie: HE)

Literatúra:

- ADAMKOV, M. *Introduction to Functional Histology*, Turany: Tlačiareň P+M, 2016.
- BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.
- KAPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.
- KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.
- MESCHER, A., L. *Junqueira's Basic Histology, Text and Atlas*, 14th edition. McGraw-Hill Education.
- MOORE, K. L., PERSAUD T.V.N., TORCHIA, M. G. *The Developing Human, Clinically Oriented Embryology*, 11th edition, Elsevier, 2020.
- OVALLE, W., K., NAHIRNEY, P., C. *Netter's Essential Histology*, 2nd edition, Philadelphia: Elsevier, 2013.
- PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
- VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

8 SVALOVÉ TKANIVO

MUDr. Alexandra Kunová



8.1 Všeobecná charakteristika svalového tkaniva

8.2 Priečne pruhovaná kostrová svalovina

8.3 Priečne pruhovaná srdcová svalovina

8.4 Hladká svalovina

8 SVALOVÉ TKANIVO

8.1 Všeobecná charakteristika svalového tkaniva

Svalové tkanivo je tvorené podlhovastými bunkami alebo vláknami, ktoré sú schopné kontrakcie a relaxácie. Za túto schopnosť sú zodpovedné aktínové a myozínové myofilamentá, ktoré sú v priečne pruhovaných svaloch organizované do myofibríl, a súčasne prítomnosť voľných kalciových iónov a energie vo forme ATP.

Svalové tkanivo je podľa morfológie a funkcie rozdelené na tri typy: **kostrová svalovina**, **srdcová svalovina** a **hladká svalovina**. Kostrová svalovina aj srdcová svalovina vykazujú v svetelnom mikroskope priečne pruhovanie, a aj napriek viacerým rozdielom sú spoločne nazývané ako priečne pruhovaná svalovina – kostrová a srdcová.

8.2 Priečne pruhovaná kostrová svalovina

Základnou stavebnou alebo morfológickou jednotkou priečne pruhovanej kostrovej svaloviny je **svalové vlákno** (*rhabdomyocyt*). Je to pretiahnutý valcovitý útvar s variabilnou dĺžkou, od 1 do 40 centimetrov, a s mnohými jadrami. Priemer svalových vlákien sa pohybuje od 10 do 100 mikrometrov.

Priečne pruhovaná kostrová svalovina tvorí **kostrové svaly**. V rámci kostrového svalu sú **svalové vlákna** organizované do menších skupiniek – **zväzkov svalových vlákien**. Na povrchu kostrového svalu sa nachádza vrstva hustého kolagénového väziva, ktoré vytvára väzivový obal svalu – *epimysium*. Husté kolagénové väzivo epimýzia vytvára septá, ktoré oddelujú jednotlivé zväzky svalových vlákien. Každý zväzok svalových vlákien obaluje väzivová vrstva – *perimysium*. Na povrchu jednotlivých svalových vlákien je prítomná bazálna lamina a jemná sieť retikulárnych vlákien, ktoré vytvárajú *endomysium*. V týchto väzivových obaloch sú prítomné krvné aj lymfatické cievy a nervy. Všetky väzivové vrstvy prechádzajú do hustého kolagénového väziva šľachy a vytvárajú myotendinózne spojenie.

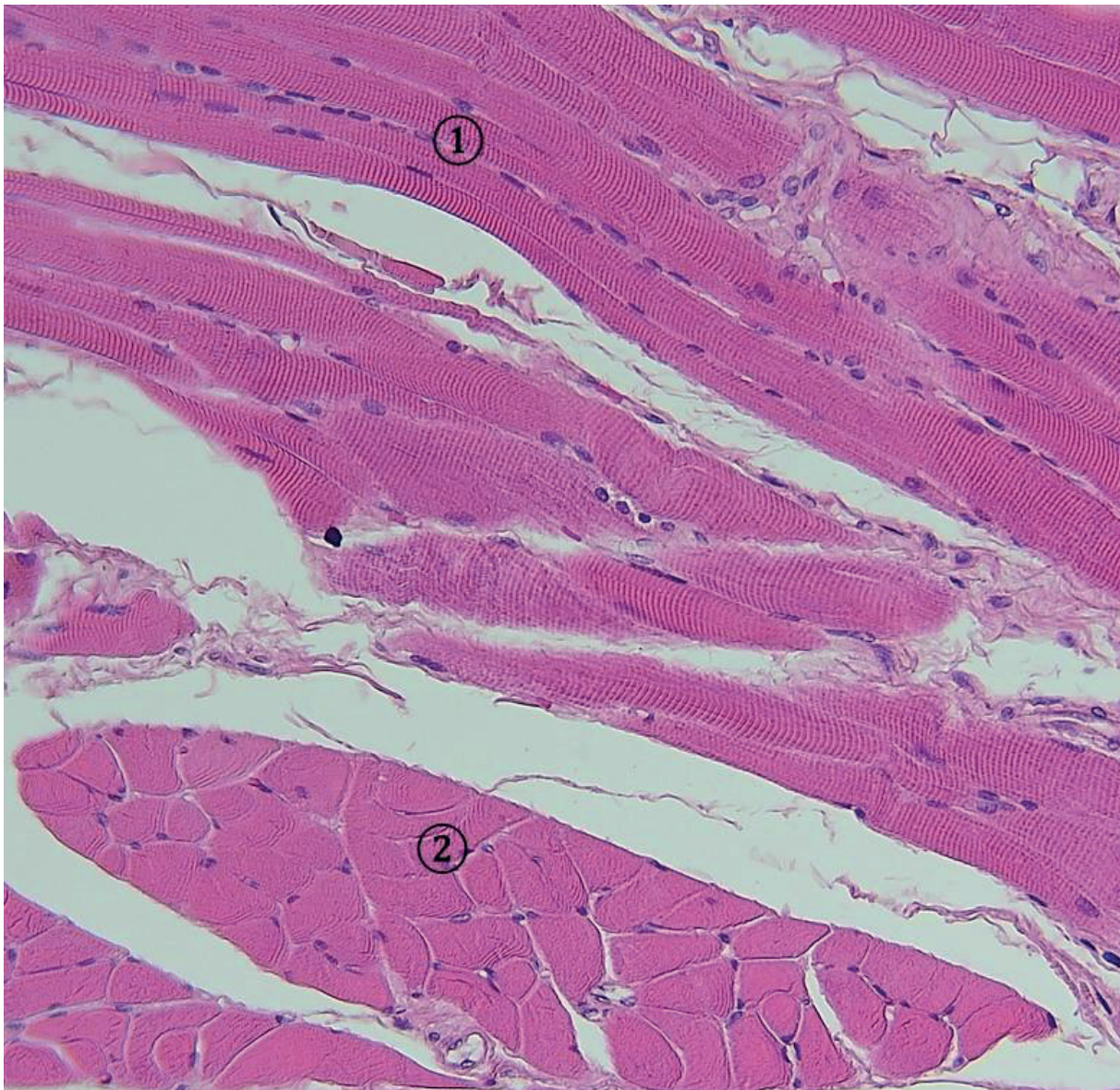
V preparáte *lingua* – jazyk je možné pozorovať priečne pruhovanú kostrovú svalovinu. Svalové vlákna v jazyku prebiehajú v troch na seba kolmých rovinách – longitudinálne, transversálne a vertikálne. Vďaka tomu sú svalové vlákna v reze zachytené na pozdĺžnych aj priečných prierezoch. Sarkoplazma svalových vlákien sa farbí eozinofilne vďaka prítomnosti myoglobínu a veľkému počtu mitochondrií.

Na **pozdĺžnom priereze** sú svalové vlákna elongované útvary s konštantnou hrúbkou. Vykazujú priečne pruhovanie alebo striedanie tmavých – **anizotropných**

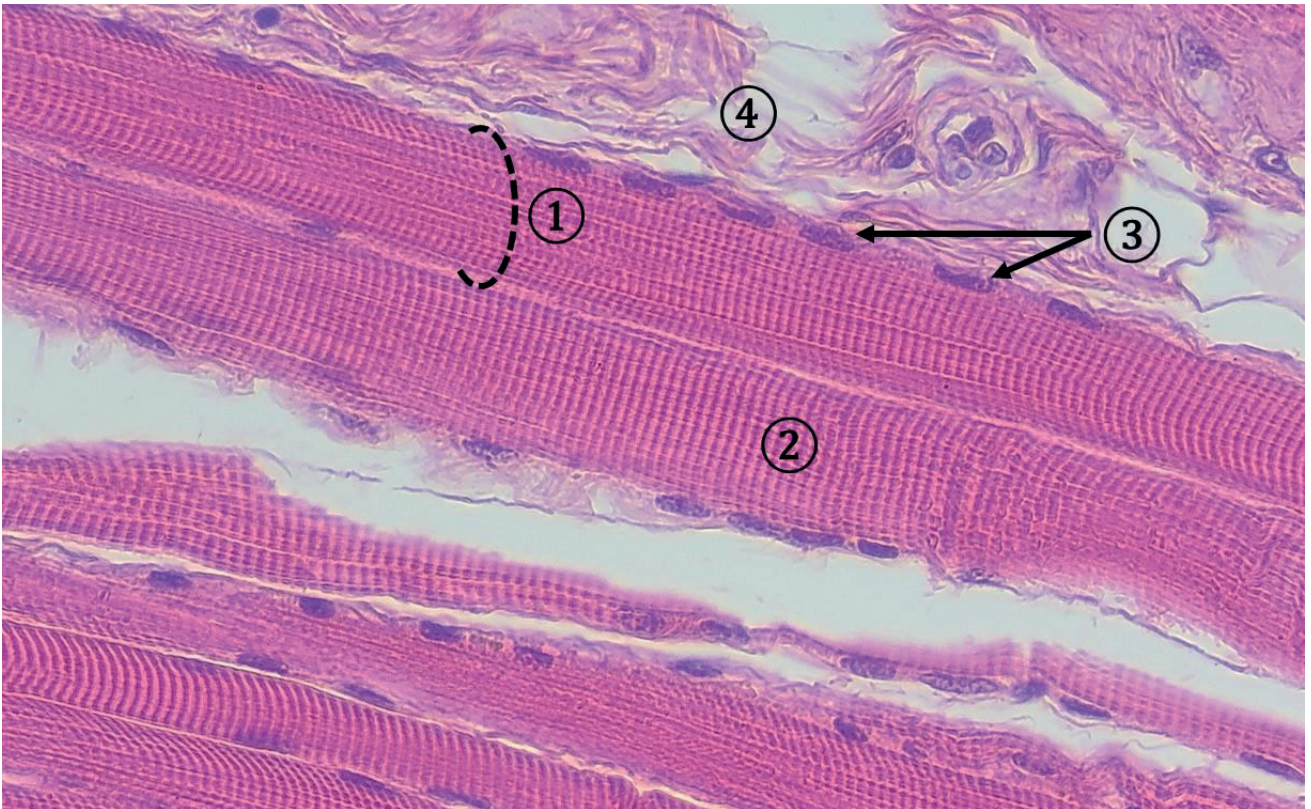
a svetlých – **izotropných prúžkov**. Priečne pruhovanie je viditeľné vďaka usporiadaniu sarkomér v myofibrilách svalového vlákna. V prípade, že sú svalové vlákna fixované v natiahnutom stave, je pri väčšom zväčšení viditeľná aj tmavšia línia (Z línia) uprostred svetlého I-prúžku. Oválne alebo podlhovasté jadrá sú uložené na periférii svalového vlákna, tesne pod sarkolemou (plazmalemou). Prebiehajú paralelne s dlhou osou svalového vlákna.

Na priečnom priereze majú svalové vlákna oválny alebo polygonálny tvar. Eozinofilná sarkoplazma má na priečne prerezaným myofibrilám zrnitý (granulárny) vzhľad. Tesne pod sarkolemou môžeme pozorovať jedno, niekoľko alebo žiadne jadro. Ak sú jadrá zachytené v úrovni rezu, majú oválny tvar.

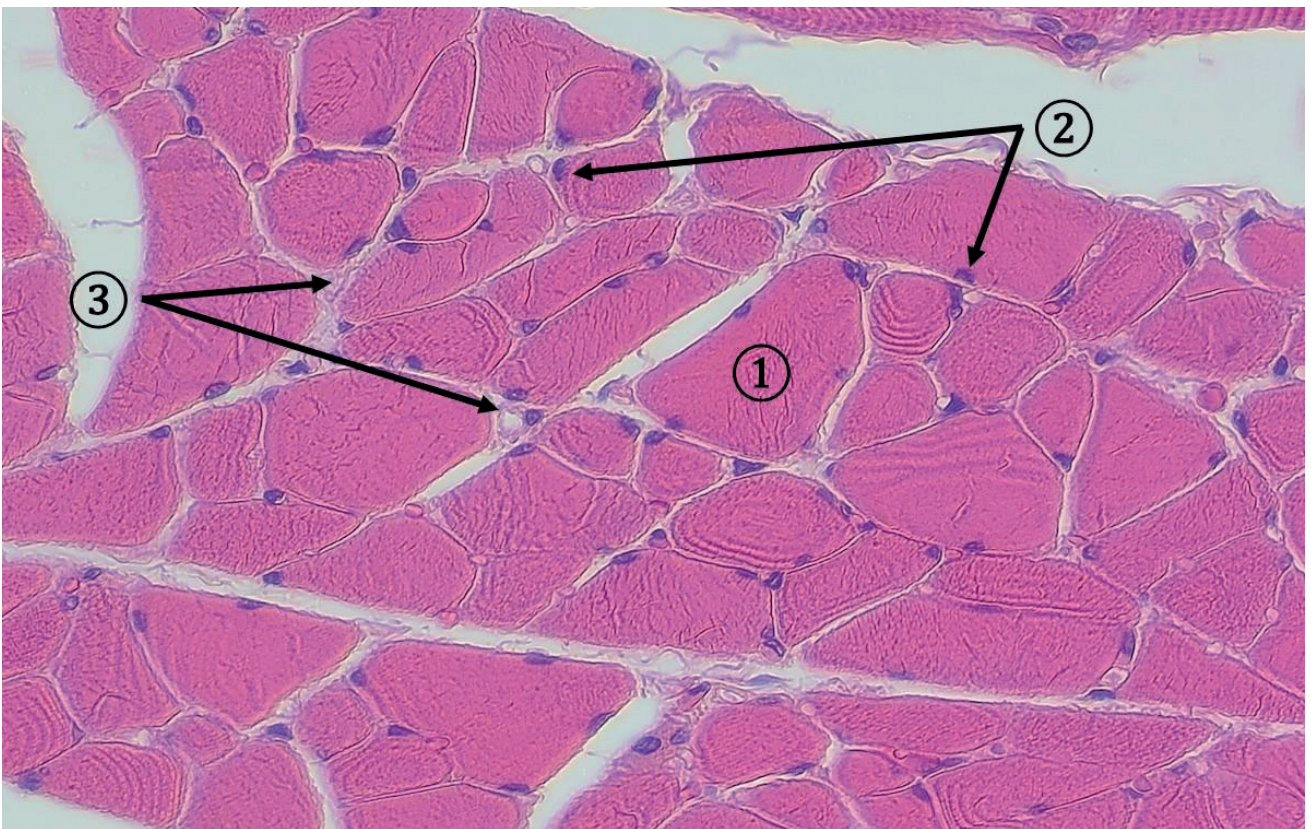
V okolí jednotlivých svalových vlákien môžeme odlíšiť súčasti endomýzia, najmä krvné kapiláry. Svalové vlákna sú aj v jazyku zoskupené do skupiniek – zväzkov. V ich okolí pozorujeme perimýzium.



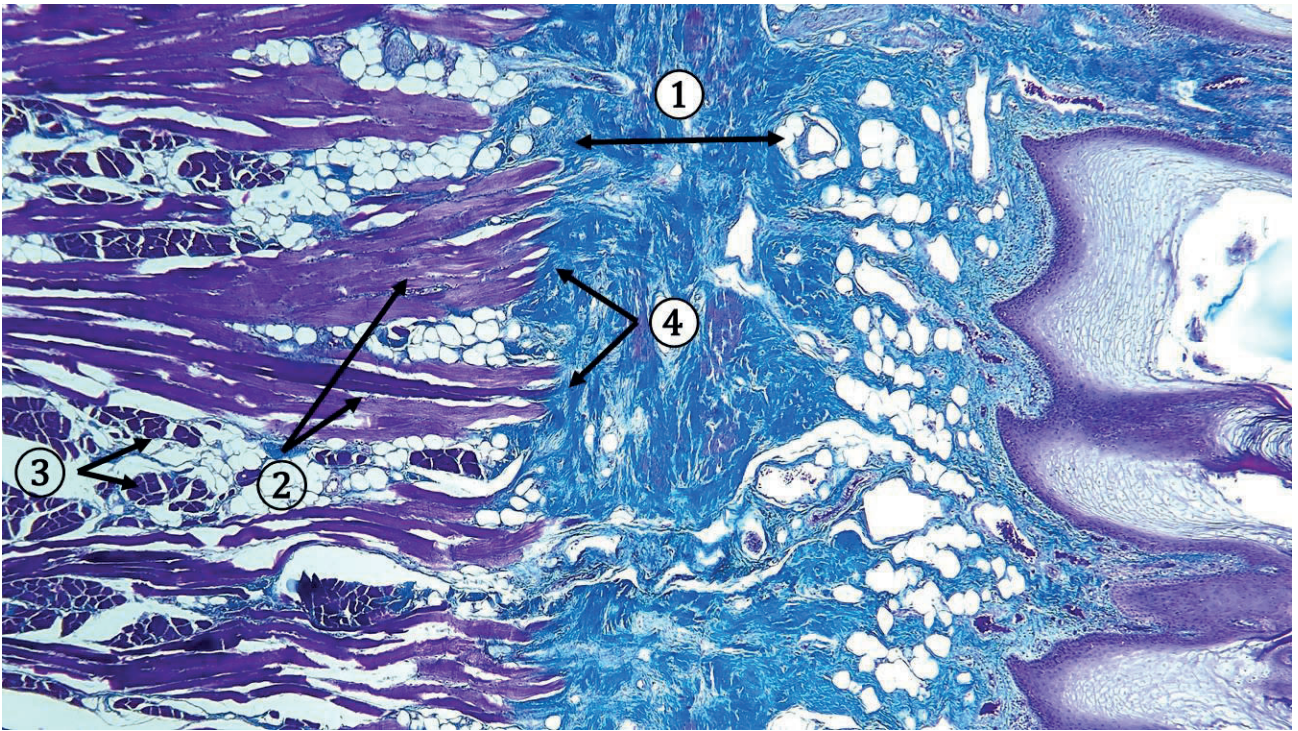
Obr. 8.1 Priečne pruhovaná kostrová svalovina jazyka. 1 – pozdĺžne prerezané svalové vlákna, 2 – priečne prerezané svalové vlákna. (Lingua, farbenie: HE)



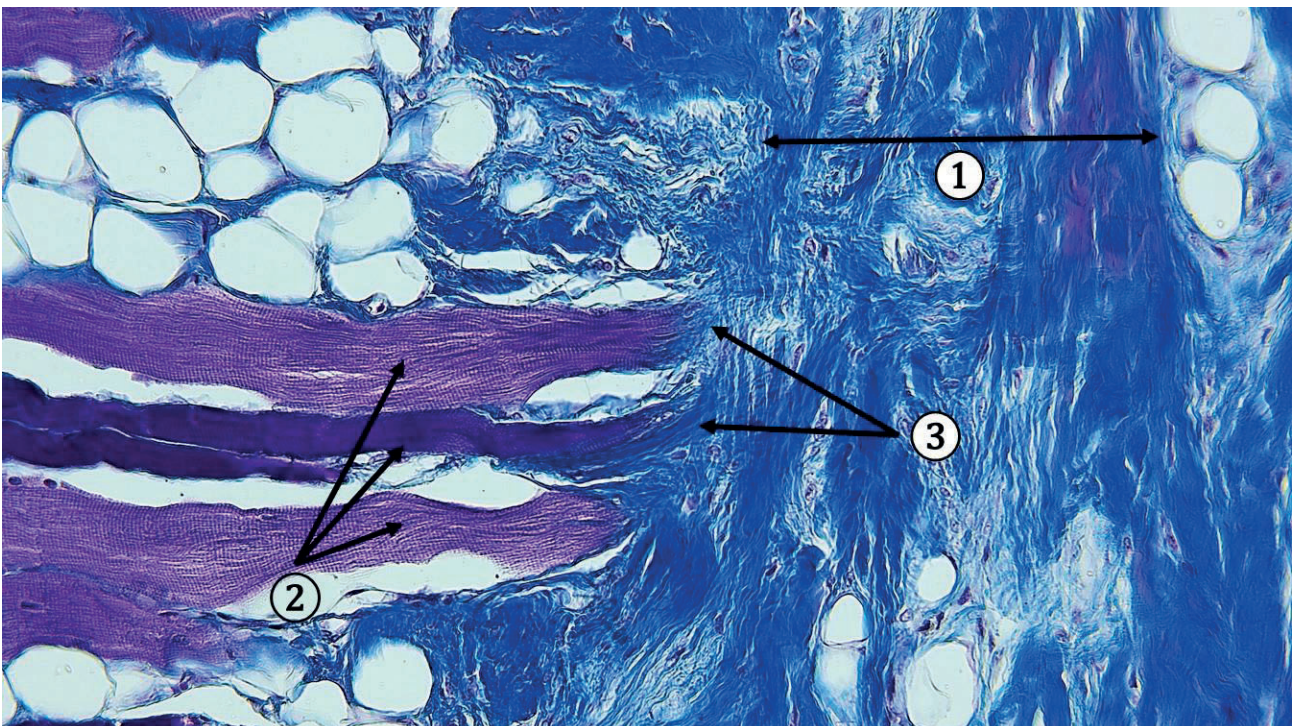
Obr. 8.2 Priechne pruhovaná kostrová svalovina jazyka, pozdĺžny prierez. 1 – pozdĺžne prerezané svalové vlákno, 2 – priechne pruhovanie – striedanie izotropných a anizotropných prúžkov, 3 – oválne jadrá na periférii pod sarkolemou, 4 – riedke kolagénové väzivo. (Lingua, farbenie: HE)



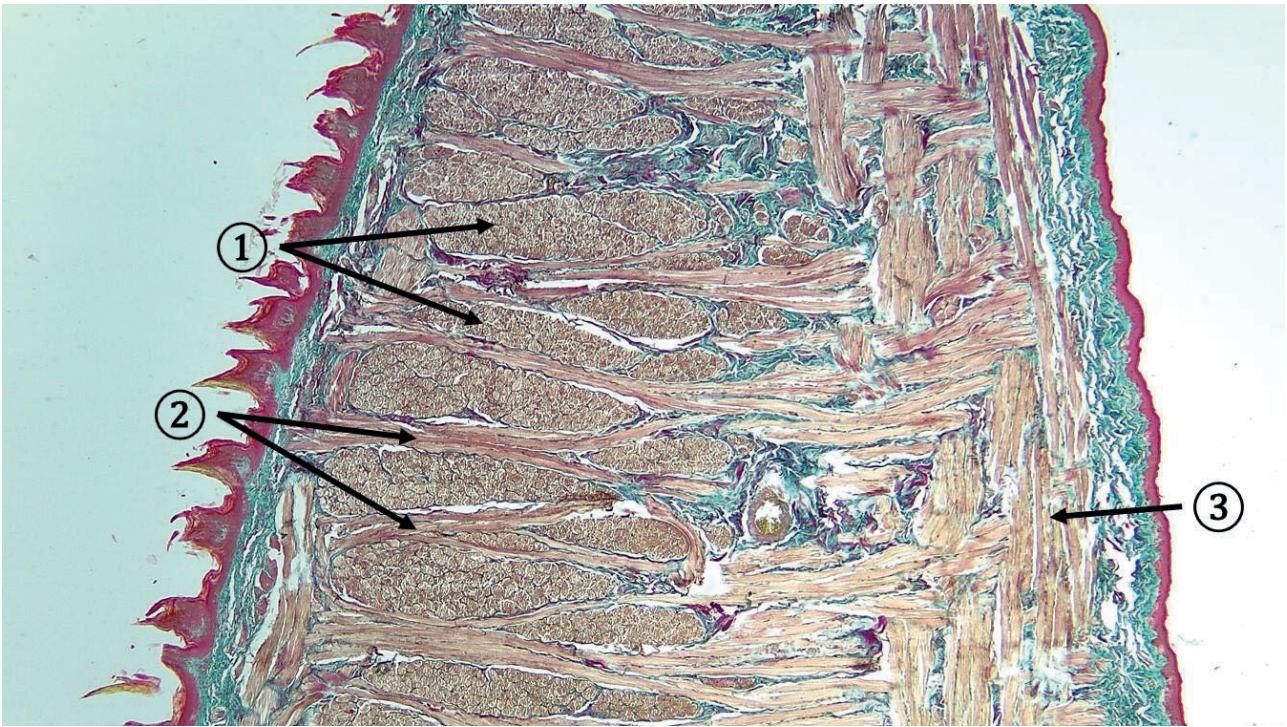
Obr. 8.3 Priechne pruhovaná kostrová svalovina jazyka, priečny prierez. 1 – priečne prerezané svalové vlákno, 2 – okrúhle jadrá na periférii svalových vlákien, 3 – krvné kapiláry v endomýziu. (Lingua, farbenie: HE)



Obr. 8.4 Priechne pruhované svalové vlákna jazyka upínajúce sa do aponeurosis linguae. 1 – husté kolagénové vazivo neusporiadané aponeurosis linguae (kolagénové vlákna modré), 2 – pozdĺžne prerezané svalové vlákna, 3 – priečne prerezané svalové vlákna, 4 – svalové vlákna upínajúce sa do aponeurosis linguae. (Lingua, farbenie: modrý trichróm)



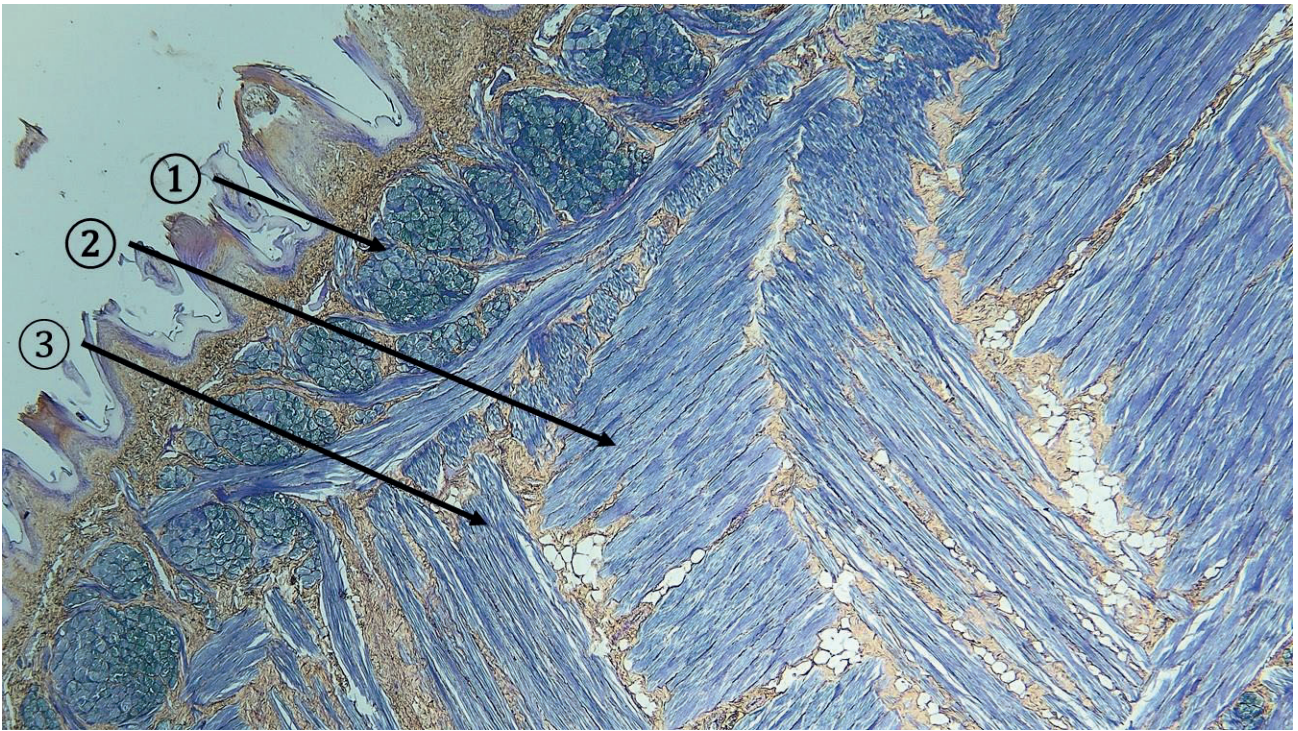
Obr. 8.5 Priechne pruhované svalové vlákna jazyka upínajúce sa do aponeurosis linguae - detail. 1 – husté kolagénové vazivo neusporiadané aponeurosis linguae (kolagénové vlákna modré), 2 – pozdĺžne prerezané svalové vlákna, 3 – svalové vlákna upínajúce sa do aponeurosis linguae. (Lingua, farbenie: modrý trichróm)



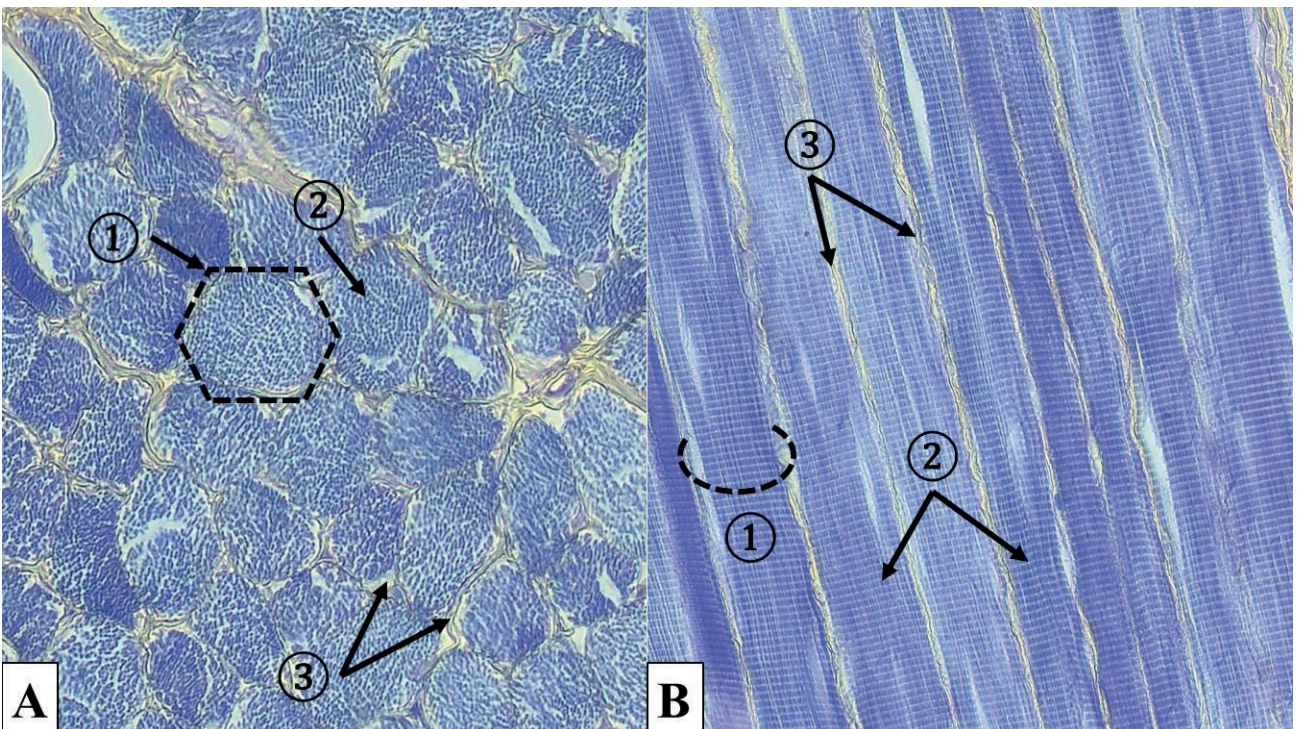
Obr. 8.6 Sagitálny rez jazykom, usporiadanie svalových vlákien. 1 – zväzky svalových vlákien prebiehajúce transverzálne, 2 – zväzky svalových vlákien prebiehajúce vertikálne, 3 – zväzky svalových vlákien prebiehajúce longitudinálne. (Lingua, farbenie: zelený trichróm)



Obr. 8.7 Väzivové obaly priečne pruhovanej kostrovej svaloviny. 1 – zväzky svalových vlákien, 2 – perimýzium okolo zväzku svalových vlákien (kolagénové vlákna zelené), 3 – endomýzium okolo svalového vlákna. (Lingua, farbenie: zelený trichróm)



Obr. 8.8 Priechne pruhovaná kostrová svalovina jazyka, sagitálny rez jazykom. 1 – svalové vlákna prebiehajúce transversálne – prerezané priechne, 2 – svalové vlákna prebiehajúce longitudinálne – prerezané pozdĺžne, 3 – svalové vlákna prebiehajúce vertikálne – prerezané pozdĺžne. (Lingua, farbenie: PTAH)



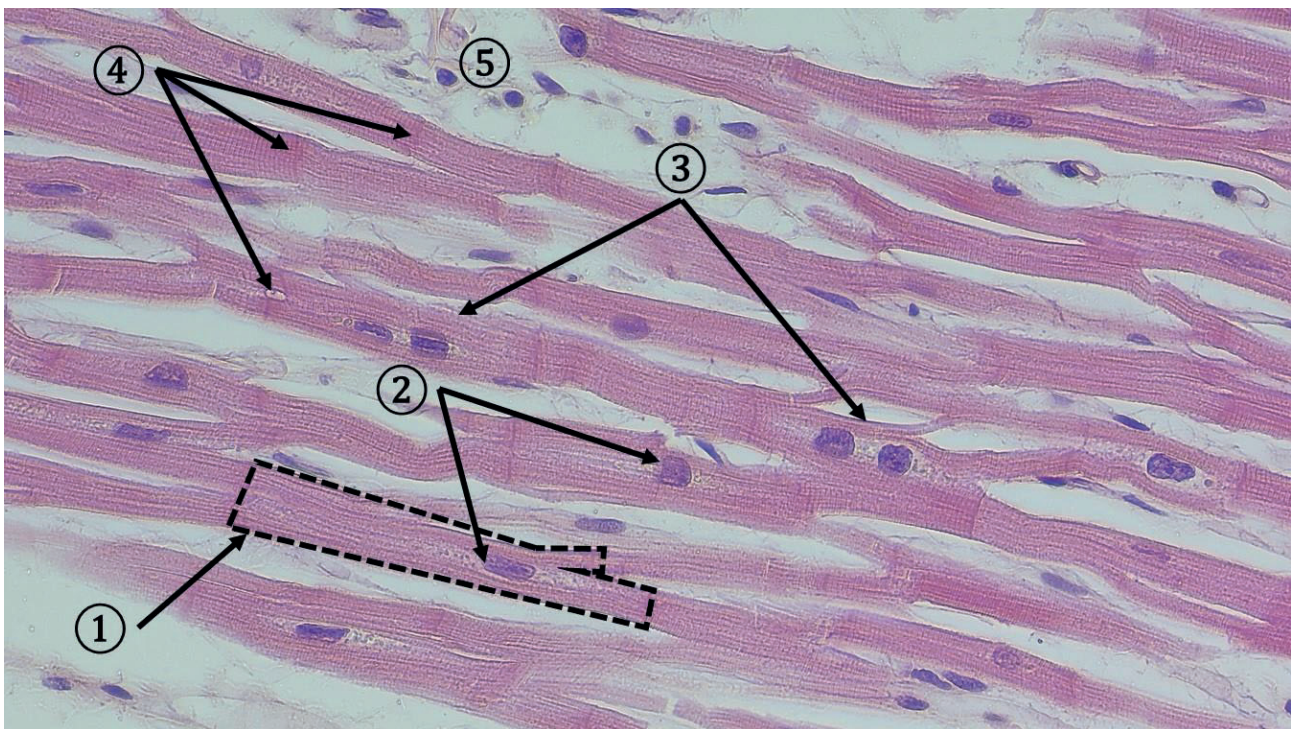
Obr. 8.9 Priechne pruhovaná kostrová svalovina jazyka - detail. **A.** Priechne prerezané svalové vlákna. 1 – priechne prerezané svalové vlákno, 2 – priechne prerezané myofibrily vo svalovom vlákne (modré), 3 – endomýzium (kolagénové vlákna žltohnedé); **B.** Pozdĺžne prerezané svalové vlákna. 1 – pozdĺžne prerezané svalové vlákno, 2 – priechne pruhovanie – striedanie izotropných a anizotropných prúžkov, 3 – endomýzium (kolagénové vlákna žltohnedé). (Lingua, farbenie: PTAH)

8.3 Priečne pruhovaná srdcová svalovina

Priečne pruhovaná srdcová svalovina tvorí najhrubšiu vrstvu steny srdca (myokard). Základnou morfológickou jednotkou priečne pruhovanej srdcovej svaloviny je **kardiomyocyt** - bunka srdcovej svaloviny. Jeden kardiomyocyt je dlhý asi 100 μm a v priemere má asi 15 μm . Podobne ako vo svalových vláknach kostrovej svaloviny, aj v kardiomyocytoch môžeme pozorovať priečne pruhovanie. Bunky srdcovej svaloviny obsahujú 1 alebo 2 jadrá uložené v centre bunky.

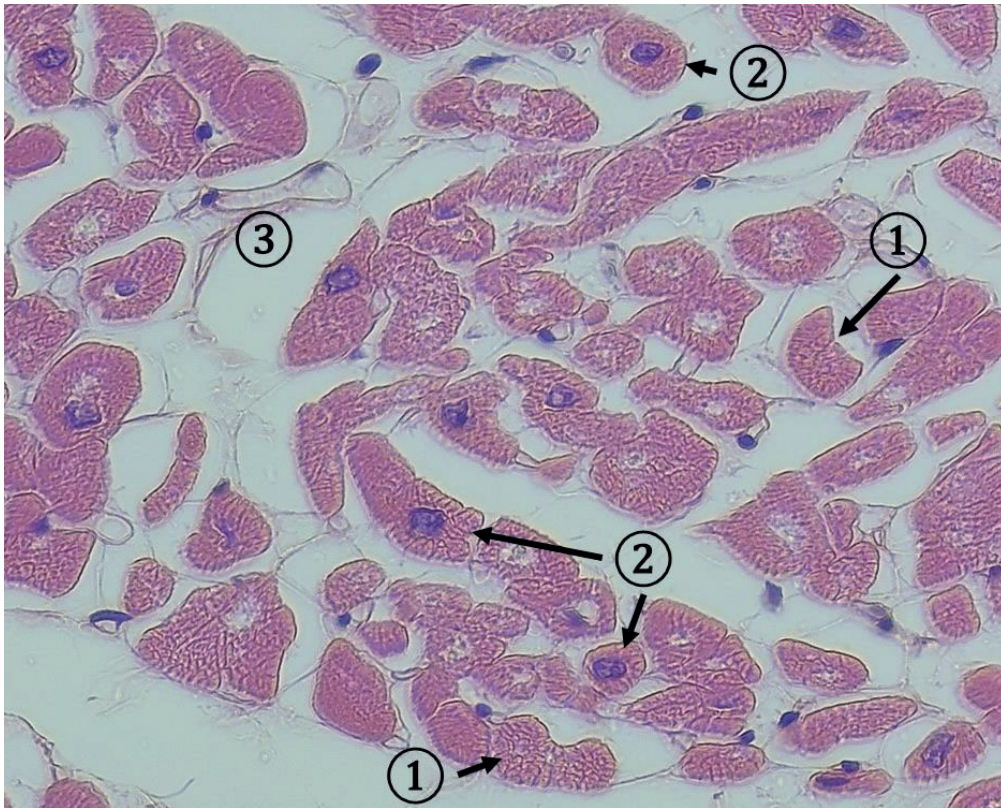
Kardiomyocyty sú cylindrické útvary, ktoré sa na koncoch často rozvetvujú. Navzájom sú pospájané prostredníctvom interkalárnych diskov. Jedna bunka svojim rozvetveným zakončením môže byť spojená s viacerými susednými bunkami. Vďaka tomuto usporiadaniu má pozdĺžne prerezaná srdcová svalovina pri malom zväčšení sieťovitý vláknitý vzhľad.

Pri väčšom zväčšení, na **pozdĺžnom priereze** je možné vidieť typické priečne pruhovanie, centrálnne uložené oválne, svetlé jadro. V perinukleárnej oblasti chýba priečne pruhovanie – chýbajú tu myofibrily, no sú tu akumulované bunkové organely. Vyskytuje sa tu hnedý pigment lipofuscín. V miestach, kde sa spájajú susediace kardiomyocyty sú viditeľné transverzálne alebo schodovité línie, výraznejšie zafarbené, **interkalárne disky**. Je to miesto adhezívnych aj komunikačných medzibunkových spojení.

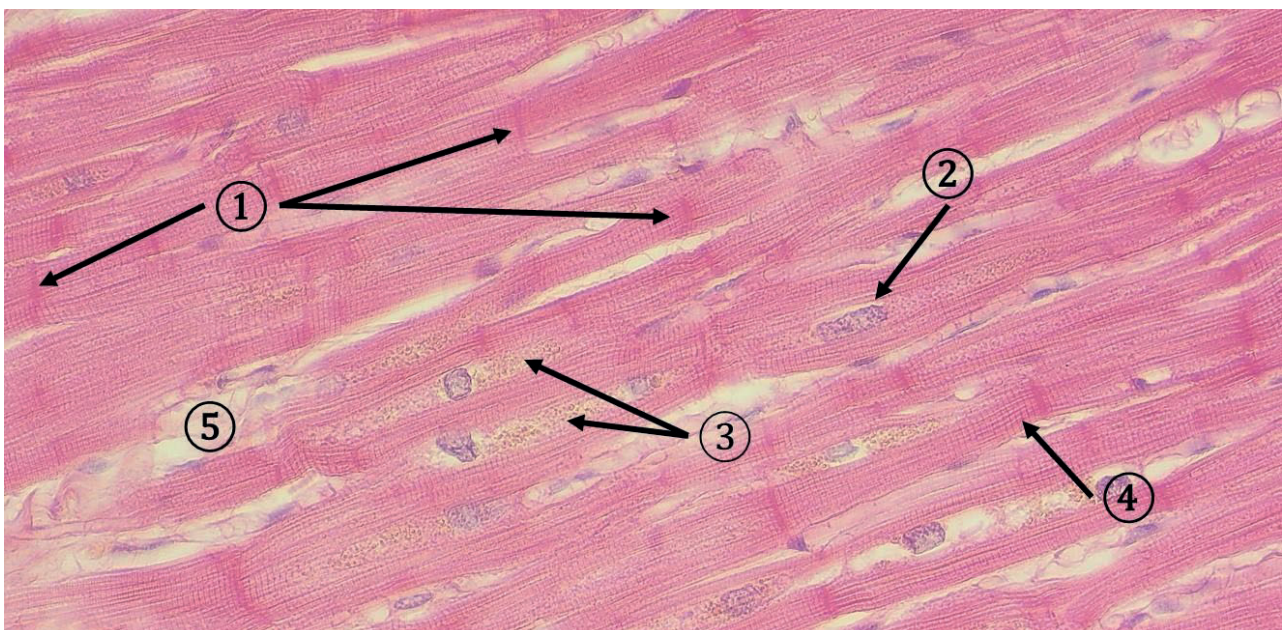


Obr. 8.10 Priečne pruhovaná srdcová svalovina, pozdĺžny prierez. 1 – pozdĺžne prerezaný kardiomyocyt, 2 – jadro kardiomyocytu, 3 – dvojjadrové kardiomyocyty, 4 – interkalárne disky medzi kardiomyocytmi, 5 – riedke kolagénové väzivo. (Cor, farbenie: HE)

Na **priečnom priereze** sú kardiomyocyty oválne útvary s eozinofilnou sarkoplazmou, ktorá má zrnitý charakter. V strede bunky je prítomné oválne bazofilné jadro, alebo len eozinofilná sarkoplazma, v závislosti od úrovne rezu.



Obr. 8.11 Priečne pruhovaná srdcová svalovina, priečny prierez. 1 – priečne prerezaný kardiomyocyt mimo jadra, 2 – kardiomyocyt prerezaný cez jadro, 3 – riedke kolagénové väzivo s kapilármi. (Cor, farbenie: HE)



Obr. 8.12 Priečne pruhovaná srdcová svalovina, pozdĺžny prierez. 1 – interkalárne disky, 2 – jadro kardiomyocytu, 3 – žltohnedý pigment lipofuscín v perinukleárnej oblasti, 4 – priečne pruhovanie v sarkoplazme kardiomyocytov, 5 – riedke kolagénové väzivo. (Cor, farbenie: HE)

8.4 Hladká svalovina

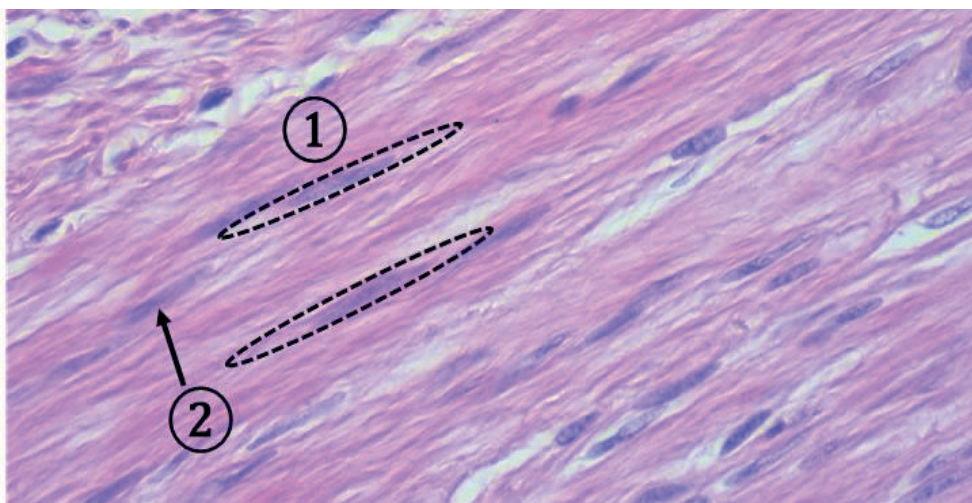
Hladká svalovina je tvorená štíhlymi hladkými svalovými bunkami. Je prítomná v stene dutých orgánov (tráviaca trubica, dýchací systém) a krvných ciev, ktoré aktívne menia svoj priemer. Často vytvára súvislé vrstvy. Kontrakcia hladkej svaloviny je pomalá, nie je vôľou ovládaná.

Základnou stavebnou jednotkou hladkej svaloviny je vretenovitá hladká svalová bunka, **leiomyocyt**. V najhrubšom mieste majú tieto bunky priemer 5-8 μm , ich dĺžka kolíše od 20 μm (v stene tepien) až do 500 μm (v stene maternice počas tehotenstva).

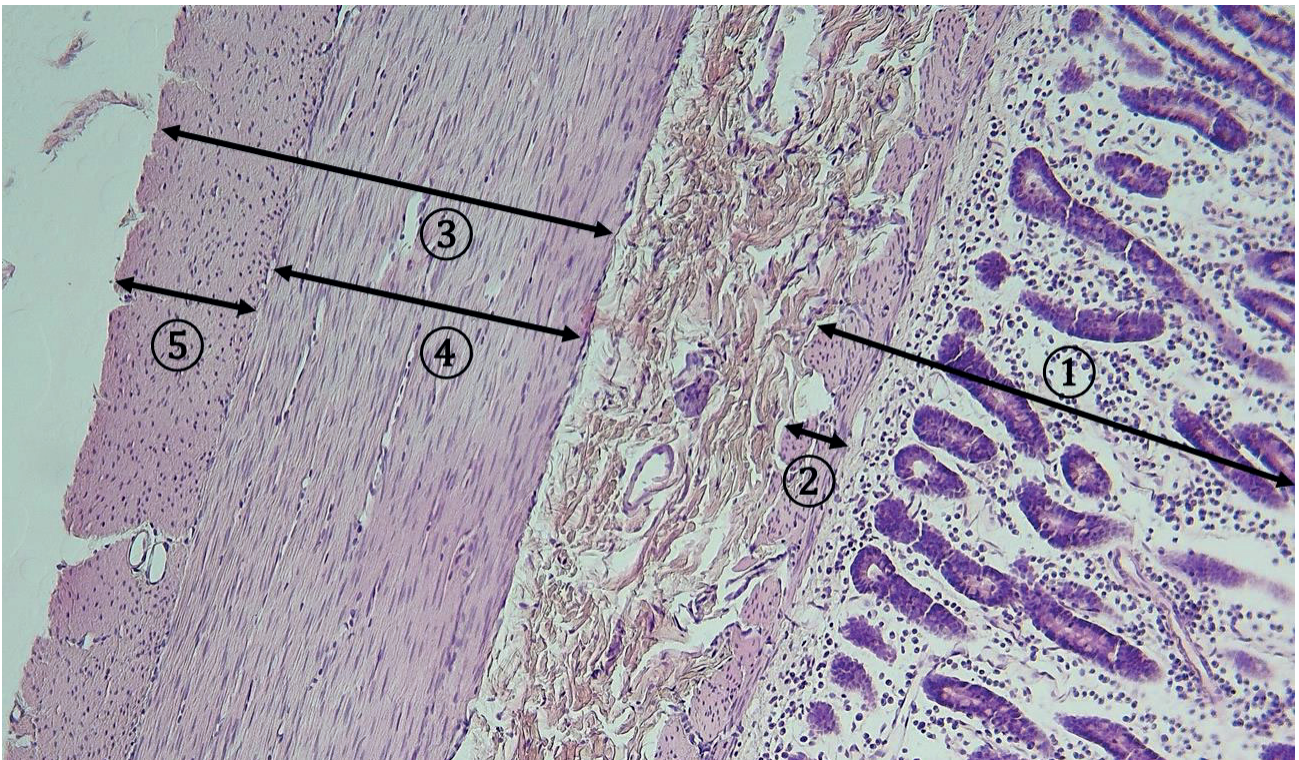
Hladká svalovina je prítomná v preparáte tenké črevo – *intestinum tenue*. V stene tenkého čreva sú prítomné dve svalové vrstvy, jedna, veľmi tenká vrstva *lamina muscularis mucosae* – je podvrstvou sliznice, druhá, výrazná, hrubá vrstva, tvorí *tunica muscularis externa*. Vo vonkajšej svalovej vrstve sú hladké svalové bunky usporiadané do dvoch podvrstiev. Vo vnútornej podvrstve sú usporiadané cirkulárne. Vo vonkajšej podvrstve sú usporiadané longitudinálne (t.j. paralelne s dlhou osou tenkého čreva). Vďaka tomuto usporiadaniu na priečnom reze tenkým črevom môžeme v svetelnom mikroskope vidieť hladké svalové bunky prerezané pozdĺžne – vo vnútornej podvrstve, aj priečne – vo vonkajšej podvrstve.

Hladké svalové bunky **prerezané pozdĺžne** majú vretenovitý tvar. Cytoplazma je homogénna, eozinofilná, bez priečneho pruhovania. Obsahujú jedno oválne až tyčinkovité jadro uložené centrálnne. V čase kontrakcie hladkej svalovej bunky mení jadro svoj tvar – skrutkovito sa stáča.

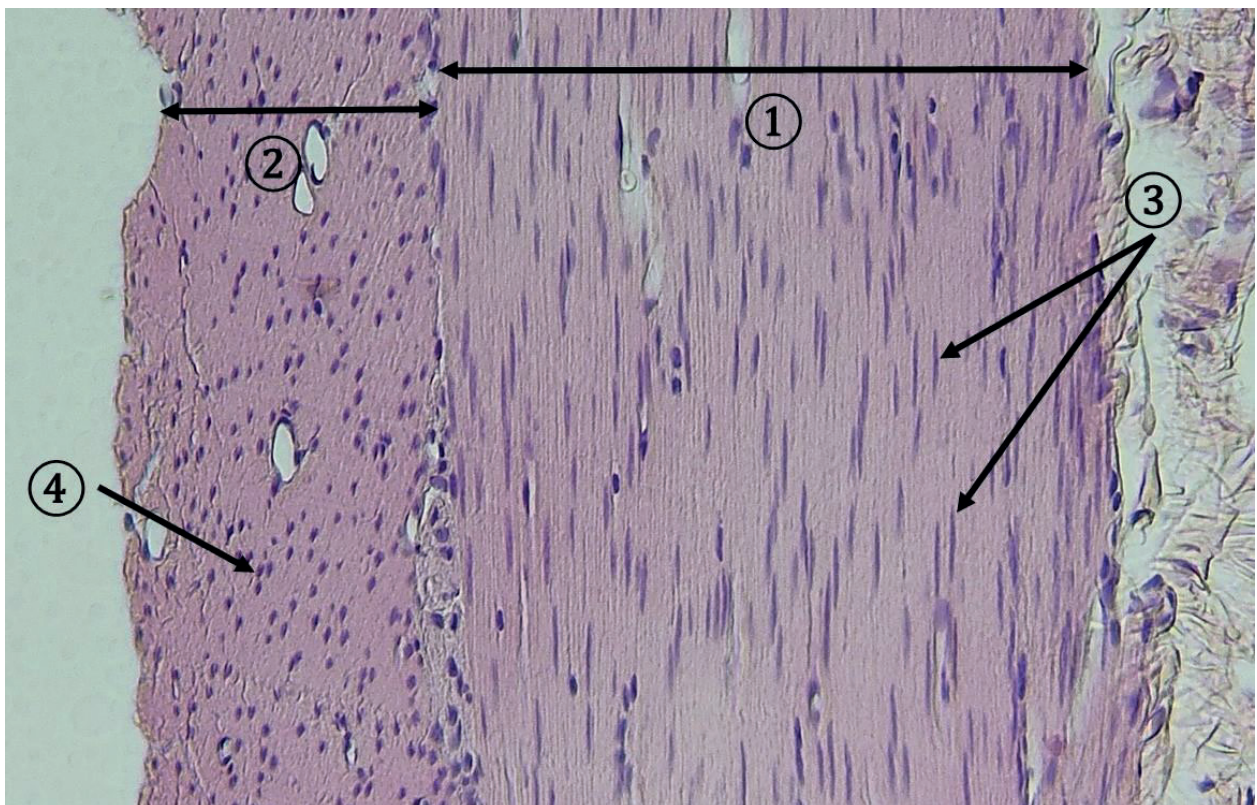
Priečne prerezané hladké svalové bunky majú okrúhly tvar, homogénnu eozinofilnú cytoplazmu. V prípade, že je v úrovni rezu zachytené aj jadro, je svetlé, euchromatické, okrúhle.



Obr. 8.13 Pozdĺžny rez hladkého svalového tkaniva. 1 – vretenovitý tvar hladkej svalovej bunky, 2 – tyčinkovitý tvar jadra svalovej bunky. (Intestinum tenue, farbenie: HE)



Obr. 8.14 Stena tenkého čreva. 1 – časť sliznice tenkého čreva, tunica mucosa 2 – tenká svalová podvrstva sliznice, lamina muscularis mucosae, 3 – svalová vrstva steny tenkého čreva, tunica muscularis, 4 – vnútorná cirkulárna podvrstva tunica muscularis, hladké svalové bunky sú pozdĺžne prerezané, 5 – vonkajšia longitudinálna podvrstva tunica muscularis, hladké svalové bunky sú prerezané priečne. (Intestinum tenue, farbenie: HE)



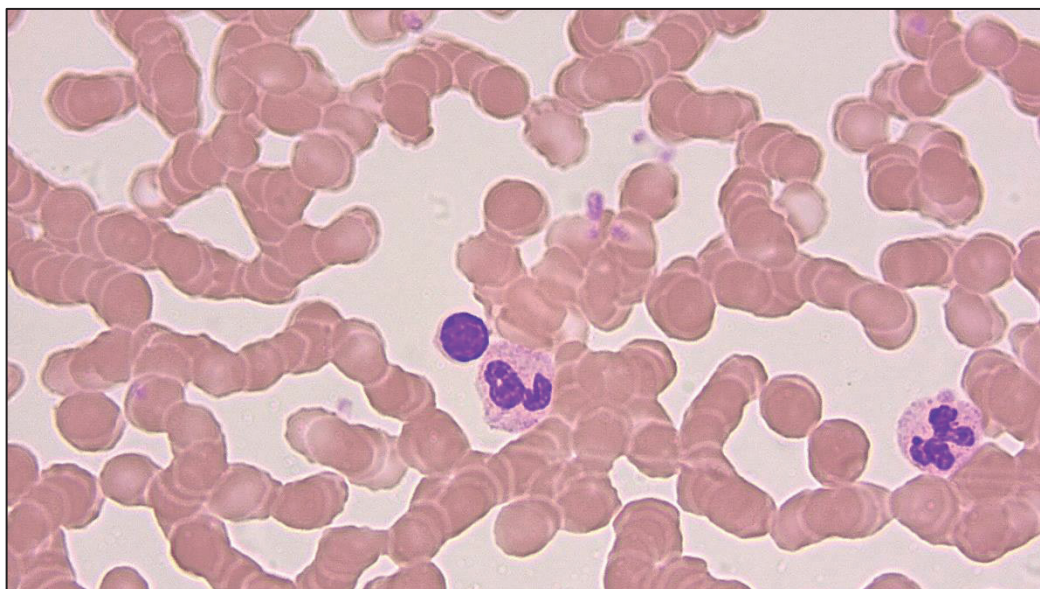
Obr. 8.15 Tunica muscularis v stene tenkého čreva – detail. 1 – vnútorná cirkulárna podvrstva tunica muscularis, 2 – vonkajšia longitudinálna podvrstva tunica muscularis, 3 – tyčinkovité jadrá pozdĺžne prerezaných hladkých svalových buniek, 4 – okrúhle jadrá priečne prerezaných hladkých svalových buniek. (Intestinum tenue, farbenie: HE)

Literatúra

- ADAMKOV, M. *Introduction to Functional Histology*, Turany: Tlačiareň P+M, 2016.
- BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.
- KAPPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.
- KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.
- MESCHER, A., L. *Junqueira's Basic Histology, Text and Atlas*, 14th edition. McGraw-Hill Education, 2016.
- OVALLE, W., K., NAHIRNEY, P., C. *Netter's Essential Histology*, 2nd edition, Philadelphia: Elsevier, 2013.
- PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
- VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

9 KRVNÉ ELEMENTY

RNDr. Kristína Čurgali, PhD.



9.1 Erythrocyty

9.2 Leukocyty

9.2.1 Granulocyty

9.2.1.1 Neutrofilné granulocyty

9.2.1.2 Eozinofilné granulocyty

9.2.1.3 Bazofilné granulocyty

9.2.2 Agranulocyty

9.2.2.1 Monocyty

9.2.2.2 Lymfocyty

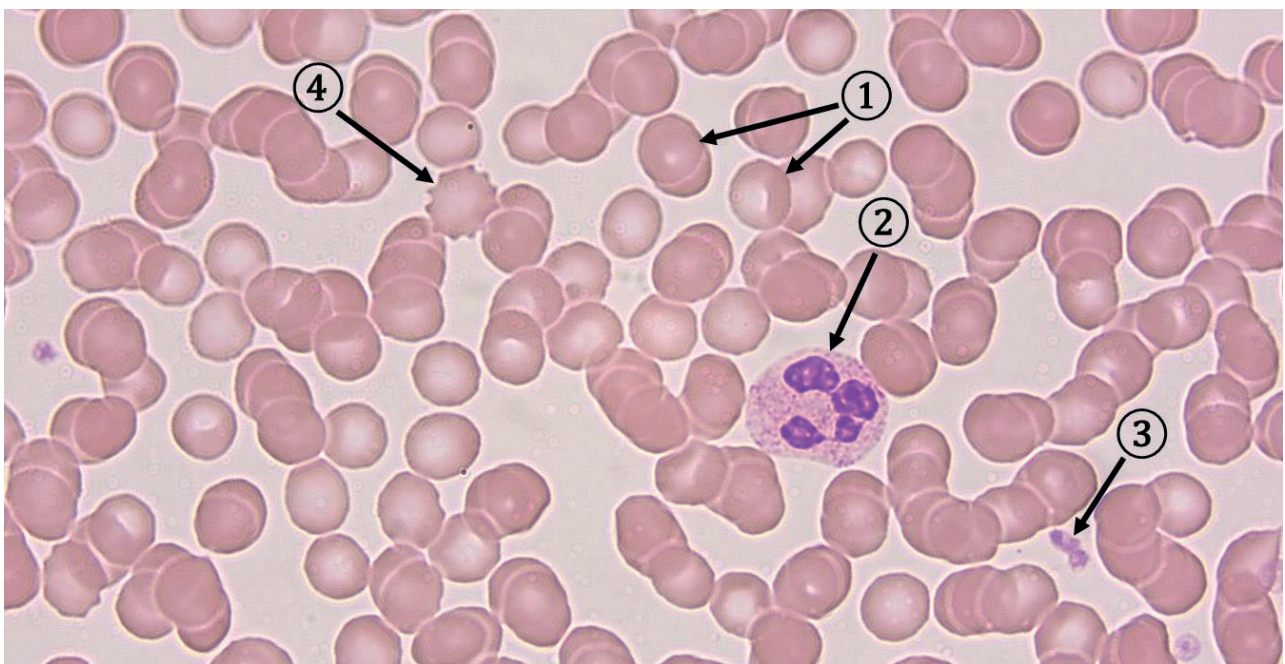
9.3 Trombocyty

9 KRVNÉ ELEMENTY

Krv je telová tekutina červenej farby, ktorá cirkuluje v uzatvorenom systéme krvných ciev. Objem krvi dospelého človeka je približne 5,5 l u mužov a 4,5 l u žien. Krv pozostáva z **formovaných krvných elementov** a z tekutiny, ktorú nazývame **krvná plazma**. Formované krvné elementy sú erythrocyty, leukocyty a trombocyty.

9.1 Erythrocyty

Erythrocyty sú bezjadrové štruktúry s typickým bikonkávnym tvarom. Priemer erythrocytu je približne 7,5 μm , na okraji majú hrúbku 2,6 μm , v strede iba 0,8 μm . Počet erythrocytov v krvi je približne 3,9 - 5,5 miliónov/ μl u žien a 4,1 - 6 miliónov/ μl u mužov. Telo erythrocytov je pomerne flexibilné, čo zabezpečuje prestup aj cez kapiláry s menším priemerom a tiež prispôsobenie sa nepravidelnému tvaru drobných kapilár. Cytoplazma erythrocytov je eozinofilná, neobsahuje organely, väčšinu jej objemu vyplňa hemoglobín.



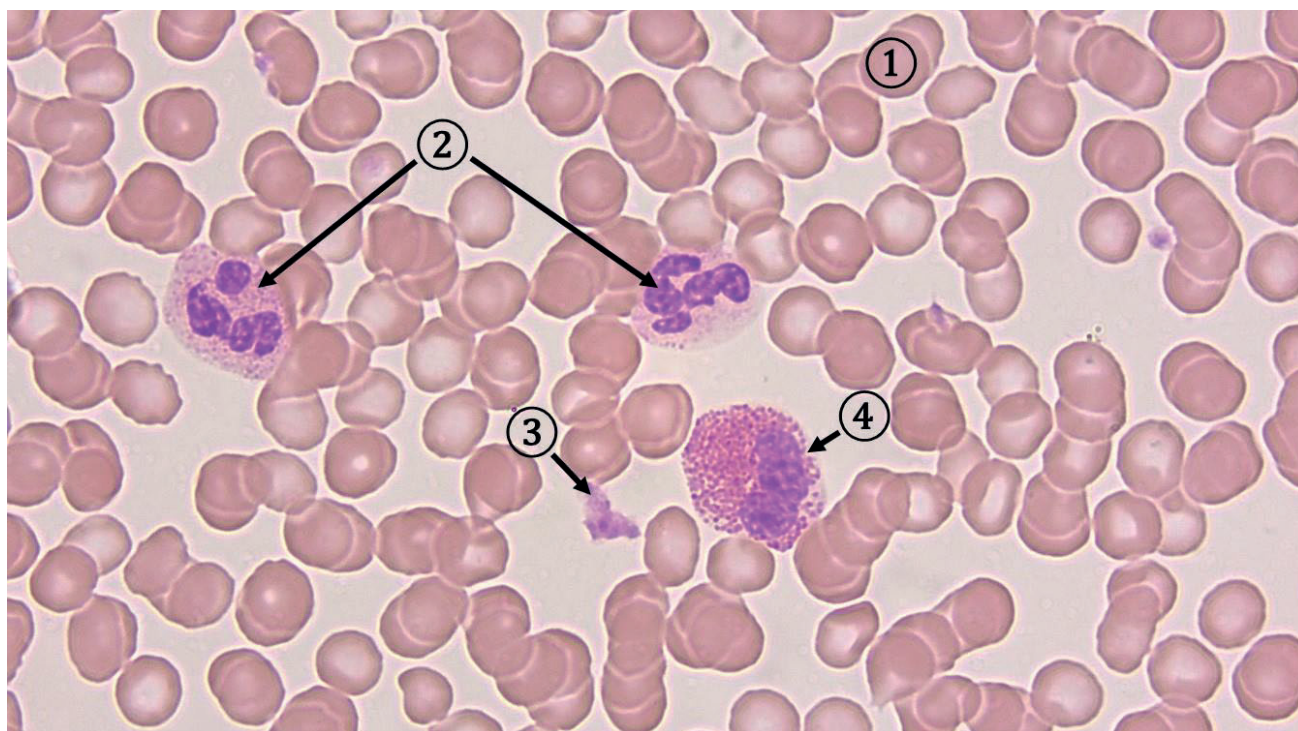
Obr. 9.1 Krvný náter. 1 – erythrocyty, 2 – neutrofilný granulocyt, 3 – trombocyty, 4 – erythrocyt v hypertonickom roztoku, morušovitá forma. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.2 Leukocyty

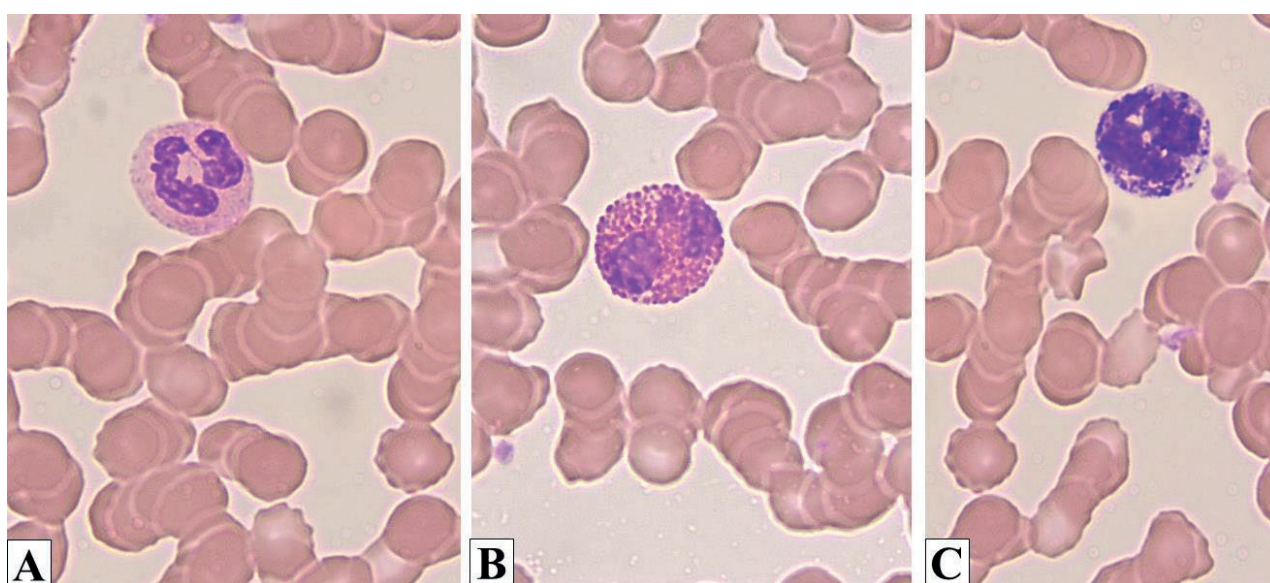
Leukocyty (biele krvinky) sú zodpovedné za imunitné reakcie v organizme, typický je pre nich prestup z krvného riečiska do okolitých tkanív. Podľa prítomnosti špecificky sa farbiacich granúl v cytoplazme ich delíme na granulocyty a agranulocyty. V cytoplazme agranulocytov sa nenachádzajú špecificky sa farbiace granuly, ale pozorujeme aj prítomnosť azurofilných granúl, ktoré predstavujú lyzozómy.

9.2.1 Granulocyty

Granulocyty obsahujú v cytoplazme dva základné typy granúl – azurofilné a špecifické. Špecifické granuly majú afinitu k histologickým farbivám a preto ich môžeme rozlíšiť ako bazofilné, eozinofilné a neutrálne sa farbiace granuly. Typickým znakom pre granulocyty je segmentované jadro s prítomnosťou minimálne dvoch segmentov (polymorfonukleárne leukocyty).



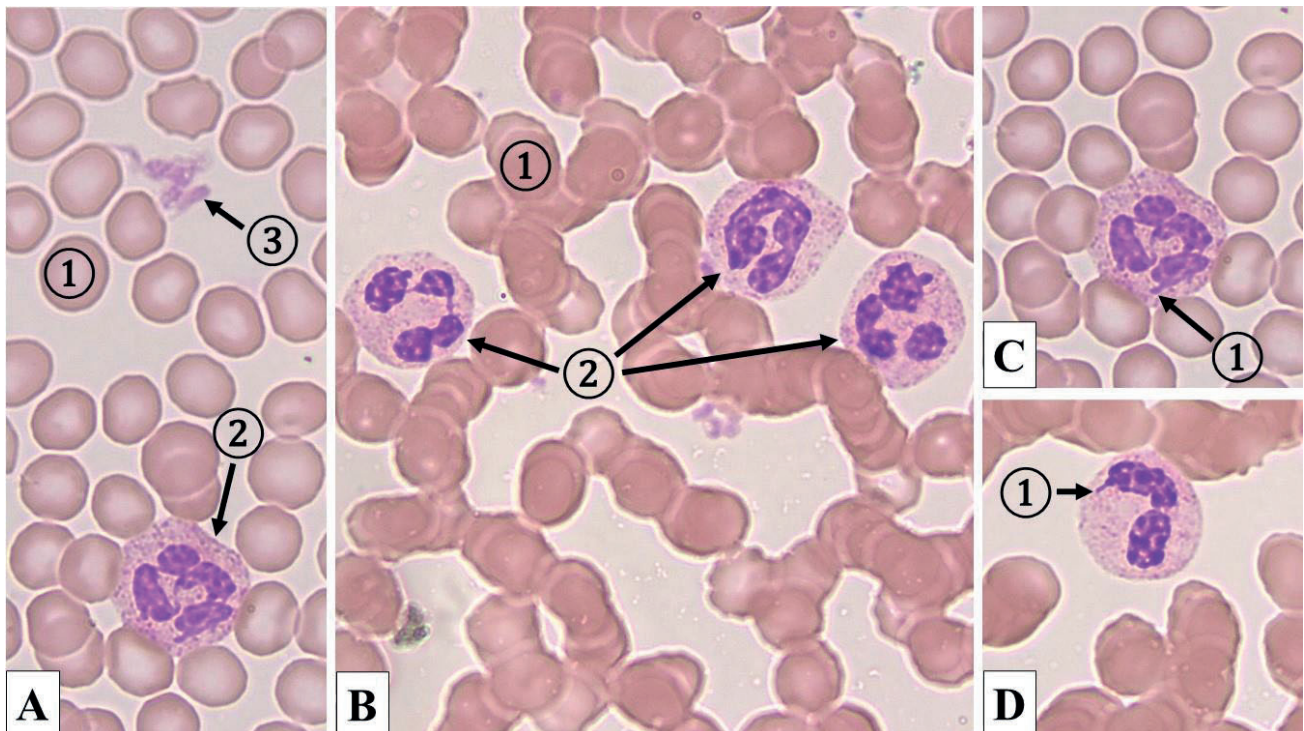
Obr. 9.2 Krvný náter. 1 – erytrocyt, 2 – neutrofilné granulocyty, 3 – trombocyty, 4 – eozinofilný granulocyt. (Giemsa – Romanowski)



Obr. 9.3 Krvný náter. A. neutrofilný granulocyt; B. eozinofilný granulocyt; C. bazofilný granulocyt. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.2.1.1 Neutrofilné granulocyty

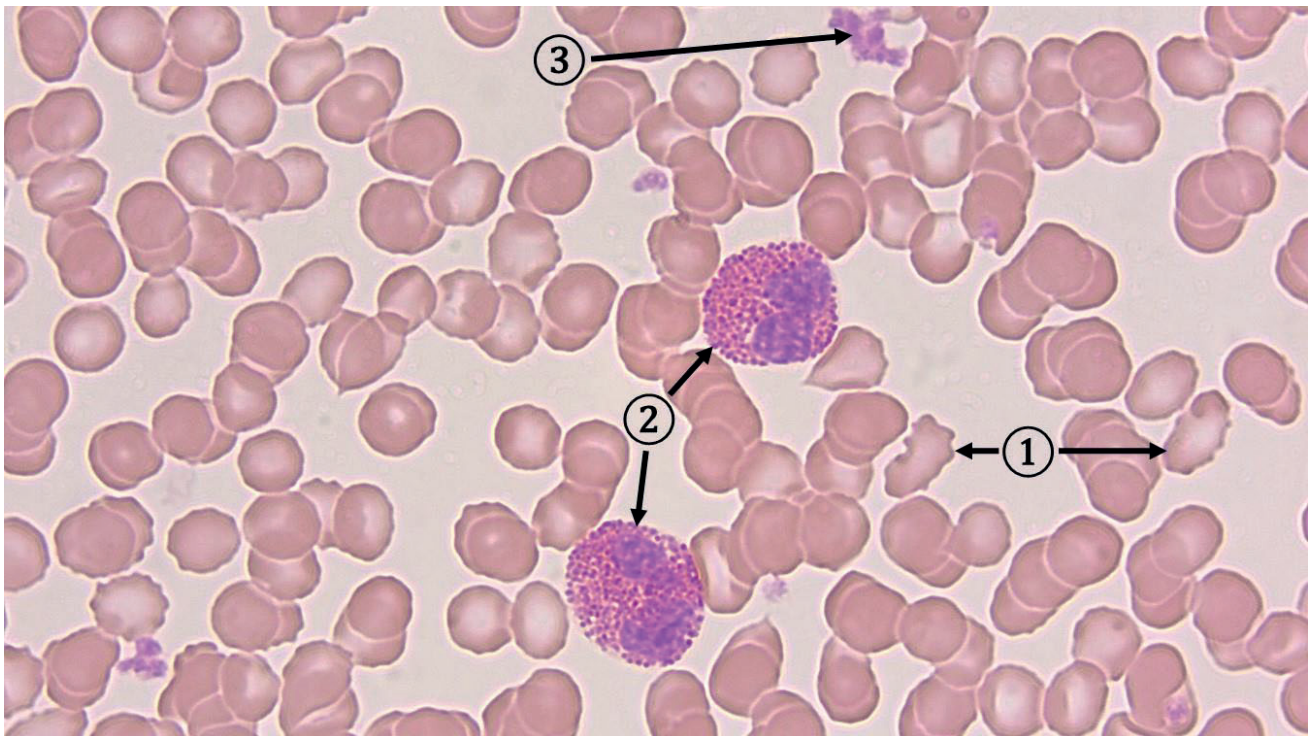
Neutrofilné granulocyty tvoria asi 50-70% cirkulujúcich leukocytov. Bunky dosahujúce veľkosť 12-15 μm , majú jadro zložené z 2 – 5 segmentov spojených tenkými chromatinovými mostíkmi. U žien býva na jednom zo segmentov jadra prítomný kondenzovaný prívěsok obsahujúci neaktívny chromozóm X (Barrovo teliesko). Granulocyty v krvnom obehú majú sférický tvar, ale pri prestupe do okolitých tkanív sa na ich povrchu vytvárajú pseudopódie, pomocou ktorých sa presúvajú cez cievnú stenu do okolitého tkaniva. V cytoplazme sa nachádzajú drobné špecifické granuly (0,1-0,2 μm), ktoré sú pod rozlišovacou schopnosťou svetelného mikroskopu. Špecifické granuly obsahujú enzýmy, ktoré sa podieľajú na odbúravaní fagocytovaných mikroorganizmov (mikrofágy). Cytoplazma neutrofilov má „lososovo ružové“ sfarbenie. Azurofilné granuly v cytoplazme sú väčšie a menej početné v porovnaní so špecifickými granulami, obsahujú hydrolytické enzýmy a myeloperoxidázu.



Obr. 9.4 Krvný náter. A. 1 – erytrocyt, 2 – neutrofilný granulocyt s Barrovým telieskom, 3 – trombocyty; B. 1 – erytrocyt, 2 – neutrofilné granulocyty; C. Neutrofilný granulocyt s jadrom so štyrmi segmentami. 1 – Barrovo teliesko; D. Neutrofilný granulocyt s jadrom s dvomi segmentami. 1 – Barrovo teliesko. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.2.1.2 Eozinofilné granulocyty

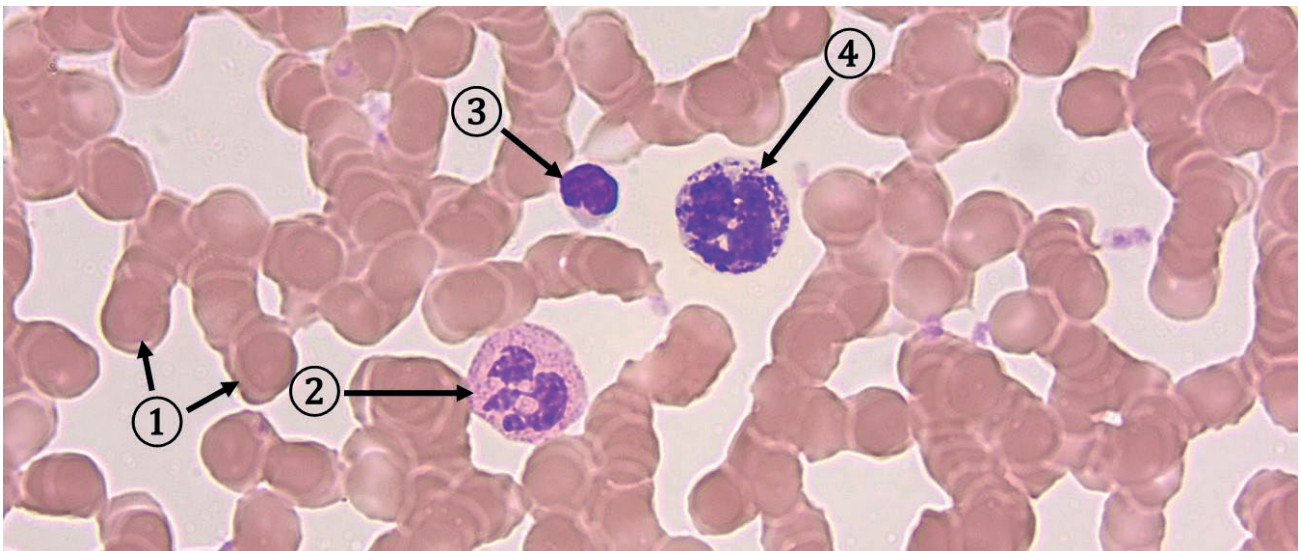
Eozinofilné granulocyty predstavujú približne 2-4% cirkulujúcich leukocytov v krvi dospelého človeka. V periférnej krvi majú bunky sférický tvar, dosahujú veľkosť 12-14 μm . Ich jadro pozostáva z dvoch segmentov spojených chromatinovým mostíkom. V cytoplazme pozorujeme eozinofilne sa farbiace oválne granuly veľké až 1 μm . Typickým je aj prítomnosť menších, azurofilných granúl s obsahom lyzozomálnych enzýmov. Počet eozinofilných granulocytov sa zvyšuje počas alergických reakcií a pri parazitózach.



Obr. 9.5 Krvný náter. 1 – poikilocytóza erytrocytov, 2 – eozinofilné granulocyty, 3 – trombocyty. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.2.1.3 Bazofilné granulocyty

Bazofilné granulocyty sa vyskytujú v periférnej krvi v najmenšom množstve, iba 0,5 – 1% z celkového počtu leukocytov. V priemere dosahujú veľkosť 12-15 μm . Jadro je nepravidelne segmentované, má tvar podobný písmenu S. Jadro obsahuje menej heterochromatínu a často je prekryté výraznými bazofilnými granulami. Špecifické granuly (0,5 μm) sa vďaka prítomnosti heparínu sfarbujú toluidínovou modrou metachromaticky. V granulách obsahujú aj histamín a chondroitín sulfát. Bazofilné granulocyty sú schopné migrácie a fagocytózy pri zápalových a alergických reakciách.



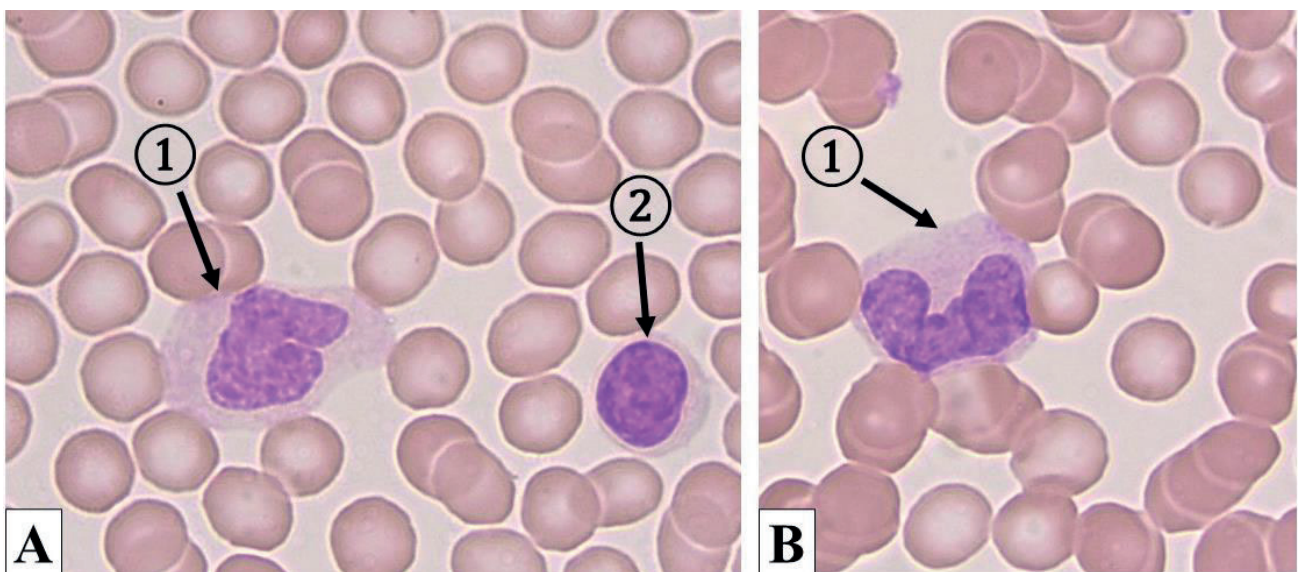
Obr. 9.6 Krvný náter. 1 – erytrocyty, 2 – neutrofilný granulocyt, 3 – lymfocyt, 4 – bazofilný granulocyt. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.2.2 Agranulocyty

Agranulocyty v bazofilnej cytoplazme neobsahujú špecifické granuly, nachádzajú sa v nich len azurofilné granuly predstavujúce lyzozómy. Jadro je väčšinou okrúhle oválne alebo vpáčené, nie je segmentované. Agranulocyty delíme na monocyty a lymfocyty.

9.2.2.1 Monocyty

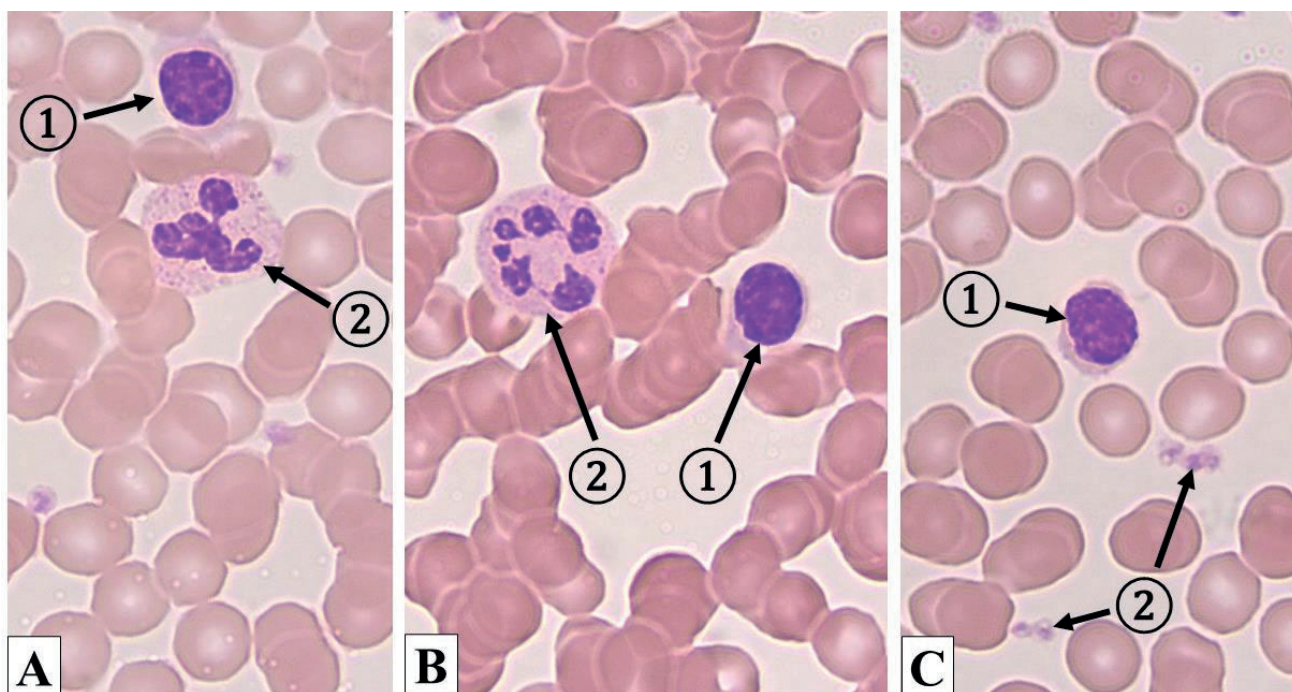
Monocyty patria medzi najväčšie leukocyty s priemerom až 20 μm , predstavujú 3-8% z celkovej populácie leukocytov. Majú veľké, oválne, preliачené jadro (tvar obličky), uložené excentricky, v jadre je viditeľné jadierko. V svetlej bazofilnej cytoplazme pozorujeme azurofilné granuly s obsahom lyzozomálnych enzýmov.



Obr. 9.7 Krvný náter. A. 1 – monocyty, 2 – lymfocyt; B. 1 – monocyty s obličkovým tvarom jadra. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.2.2.2 Lymfocyty

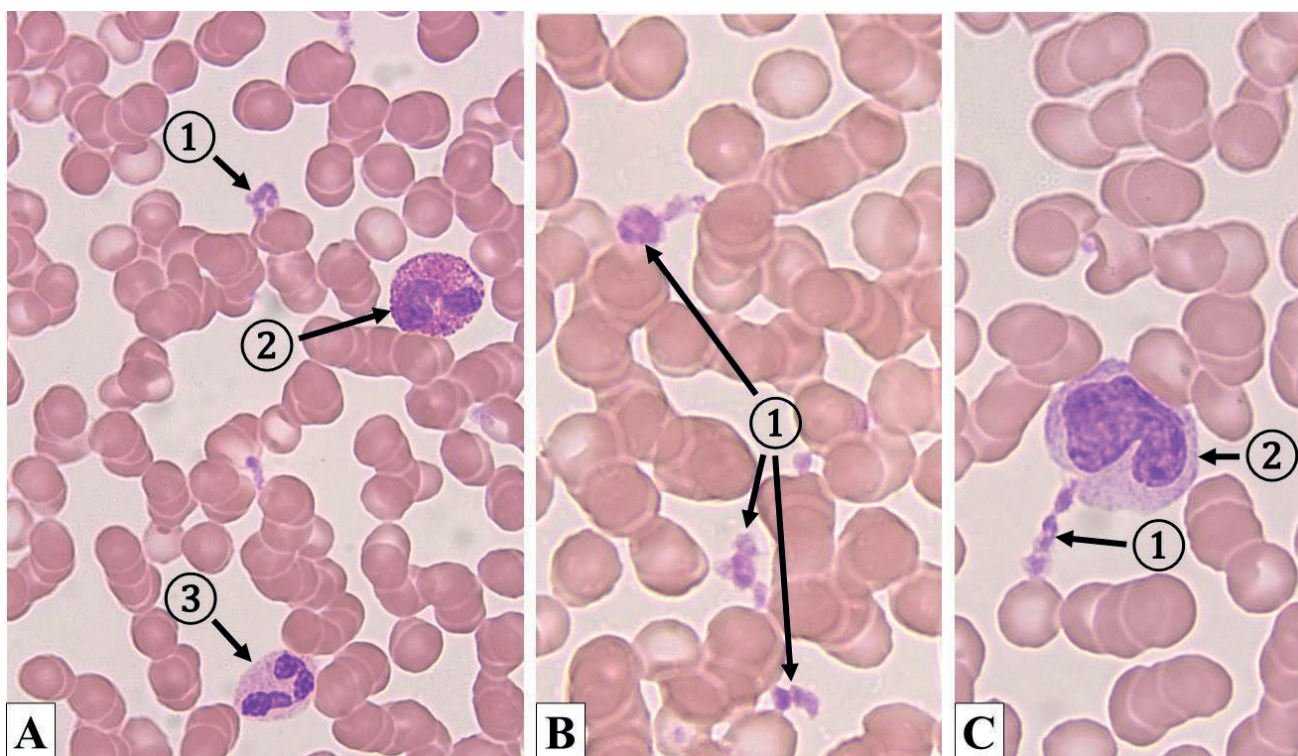
Lymfocyty predstavujú približne 25-30% cirkulujúcich leukocytov. Typickým pre lymfocyty je sférické výrazne bazofilné jadro s prevládajúcim heterochromatínom. Jadro je uložené centrálne, svetlá bazofilná cytoplazma vytvára úzky lem okolo jadra. V cytoplazme sú prítomné polyribozómy, menej granulovaného endoplazmatického retikula, malý Golgiho aparát a málopočetné azurofilné granuly. Podľa veľkosti delíme lymfocyty na malé (6-8 μm), stredné (10-12 μm) a veľké (viac ako 15 μm). Podľa povrchových markerov delíme lymfocyty na lymfocyty B, lymfocyty T a NK bunky.



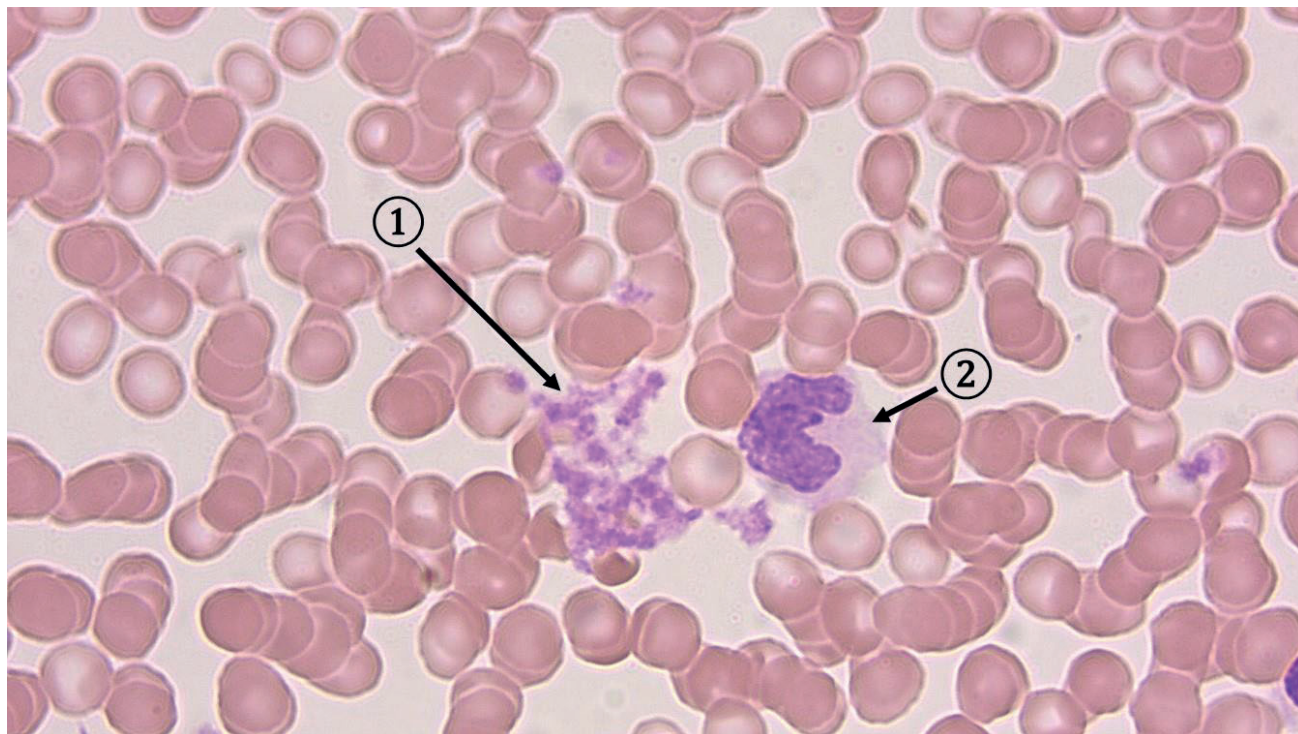
Obr. 9.8 Krvný náter. A. 1 – lymfocyt, 2 – neutrofilný granulocyt; B. 1 – lymfocyt, 2 – neutrofilný granulocyt; C. 1 – lymfocyt, 2 – trombocyty. (farbenie Giemsa – Romanowski)

9.3 Trombocyty

Trombocyty alebo krvné doštičky sú bezjadrové bunkové fragmenty pôvodom z megakaryocytov, ohraničené bunkovou membránou, dosahujúce priemer 2 – 4 μm . Počet trombocytov v periférnej krvi dosahuje 150 000 – 400 000/1 μl . V krvných náteroch sa často objavujú zoskupené do zhlukov. Trombocyty majú diskovitý tvar so svetlo sa farbiacou periférnou zónou – hyalomérou a tmavo sa farbiacou centrálnou zónou s obsahom purpurových granúl – granulomérou. Dôležitou vlastnosťou trombocytov je ich príľnavosť (adhézia) a zhlukovanie (agregácia), ktoré sa uplatňujú pri zastavení krvácania a hojení rán.



Obr. 9.9 Krvný náter. A. 1 – trombocyty, 2 – eozinofilný granulocyt, 3 – neutrofilný granulocyt; B. 1 – trombocyty agregované v malých skupinkách; C. 1 – trombocyty agregované v rade, 2 – monocyt. (farbenie Giemsa – Romanowski)



Obr. 9.10 Krvný náter. 1 – agregované trombocyty, 2 – monocyt. (farbenie Giemsa – Romanowski)

Literatúra

BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.

KAPPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.

KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.

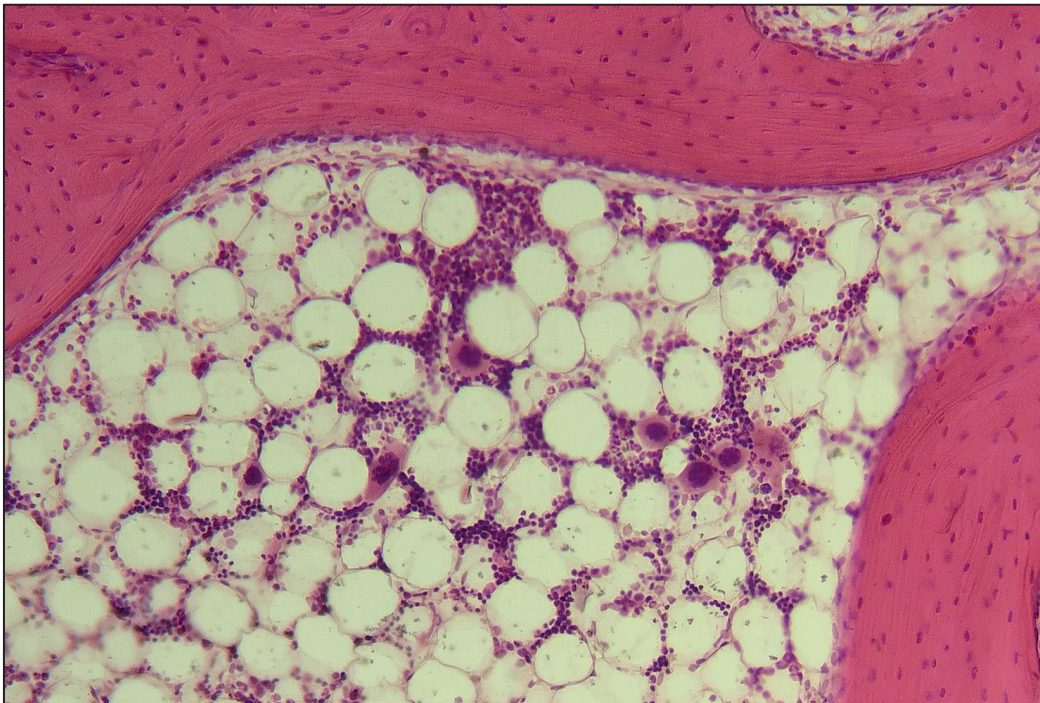
LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.

PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.

VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

10 KOSTNÁ DREŇ

MVDr. Zuzana Fagová, PhD.



10.1 Všeobecná charakteristika kostnej drene

10.1.1 Typy kostnej drene

10 KOSTNÁ DREŇ

10.1 Všeobecná charakteristika kostnej drene

Kostná dreň (*medulla ossium*) je želatinózne mäkké tkanivo vyplňujúce dutiny dlhých kostí a dutinky medzi trabekulami špongiózneho kostného tkaniva. Základnými komponentami kostnej drene sú:

- **ostrovčeky hematopoetických buniek** tvorené rôznymi vývojovými štádiami formovaných krvných elementov. Najväčšie bunky, ktoré sa tu vyskytujú sú megakaryocyty. Megakaryocyty vznikajú endomitózou (nedochádza ku rozdeleniu jadra ani bunky), majú veľké laločnaté jadro a eozinofilnú cytoplazmu.
- **krvné cievy** sú zastúpené najmä sínusoidnými kapilármi s diskontinuálnou bazálnou membránou aj endotelovou výstelkou.
- **nervy**
- **makrofágy**
- **tukové bunky** (univakuolárne adipocyty)
- **nediferencované mezenchýmové bunky**
- **retikulárne väzivo ktoré tvorí strómu kostnej drene.**

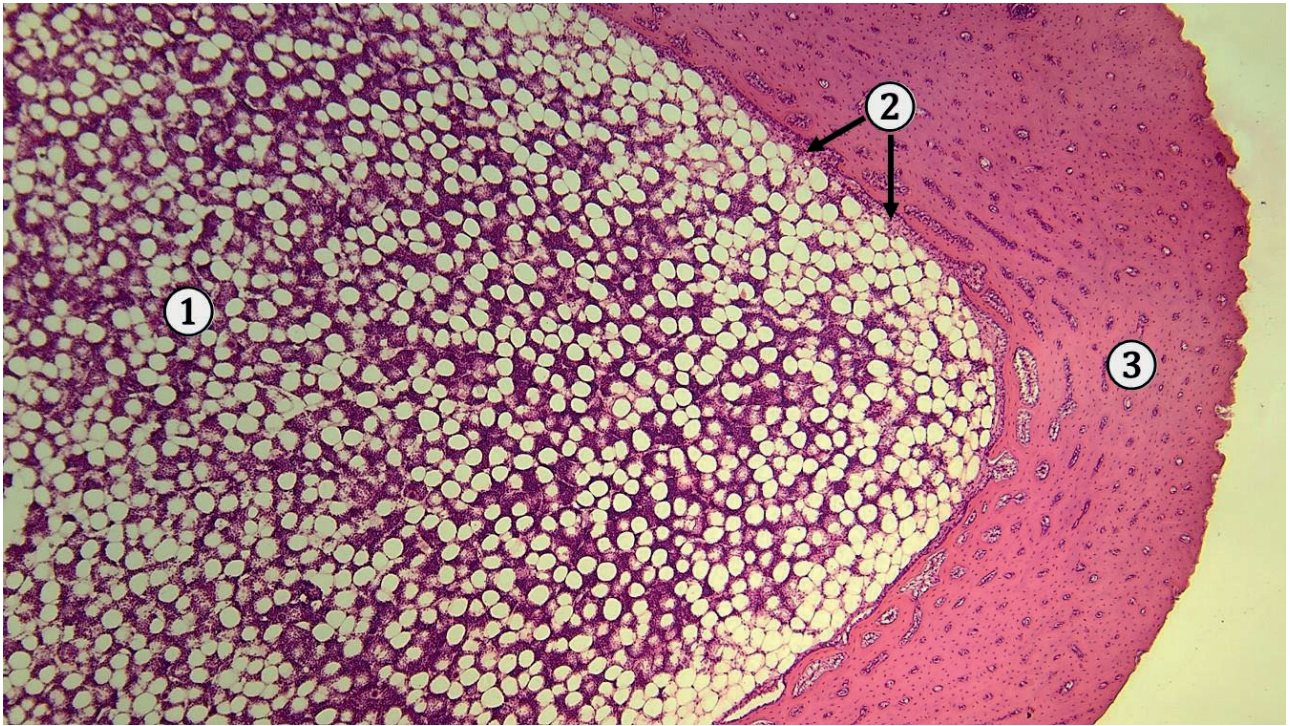
10.1.1 Typy kostnej drene

Kostná dreň je klasifikovaná na osteogénnu, červenú a žltú kostnú dreň.

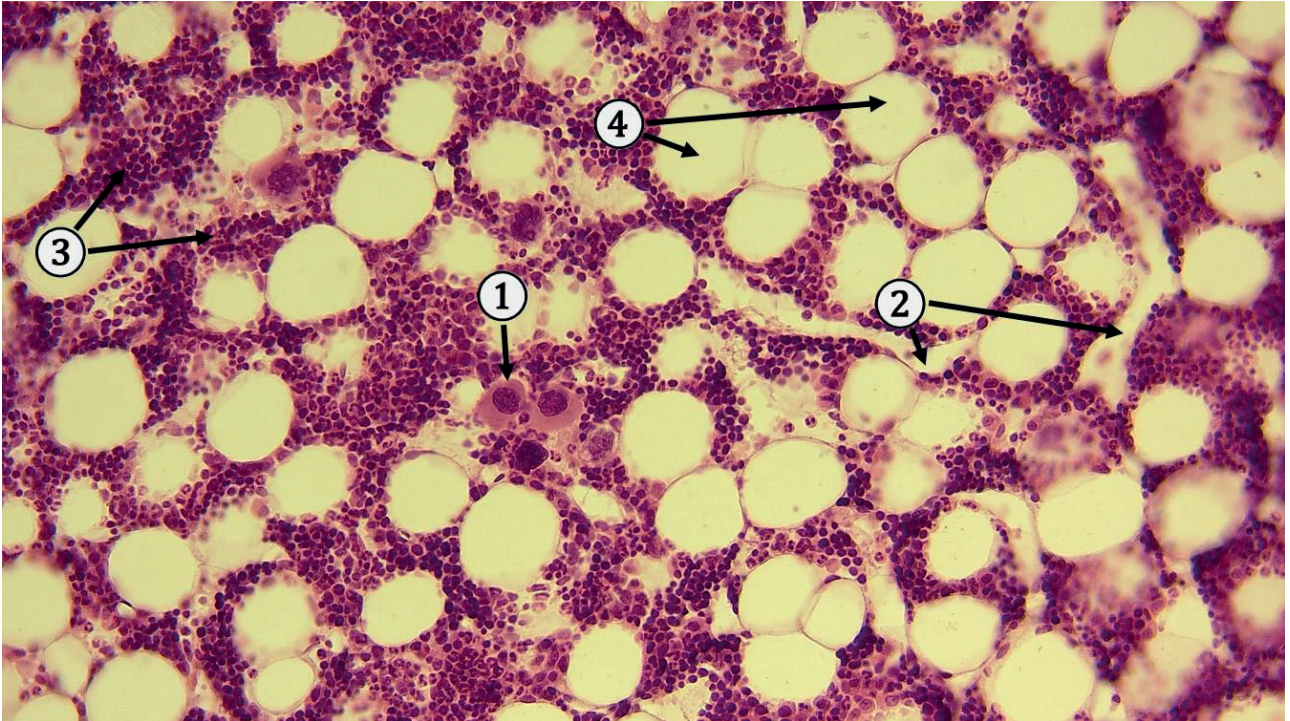
Osteogénna kostná dreň má funkčný význam počas prenatálneho vývoja a rastu kostí. Základnou zložkou je mezenchým, z ktorého sa diferencujú osteoblasty, fibroblasty, budúce bunky kostnej drene a vyvíjajú sa tu nové cievy. Mezenchým je neskôr nahradený retikulárnym väzivom s početnými sínusoidnými kapilármi a hematopoetickými bunkami.

Červená kostná dreň je hlavným miestom aktívnej hematopoézy, ktorá prebieha striktne extravaskulárne. Najpočetnejšie zastúpené sú hematopoetické bunky. U detí sa červená kostná dreň vyskytuje takmer vo všetkých kostiach, no u dospelých sa nachádza len v špongióznom kostnom tkanive hrudnej kosti, v tele stavcov, rebrách, lopatkách, kostiach lebky, bedrovej, ramennej a stehrovej kosti.

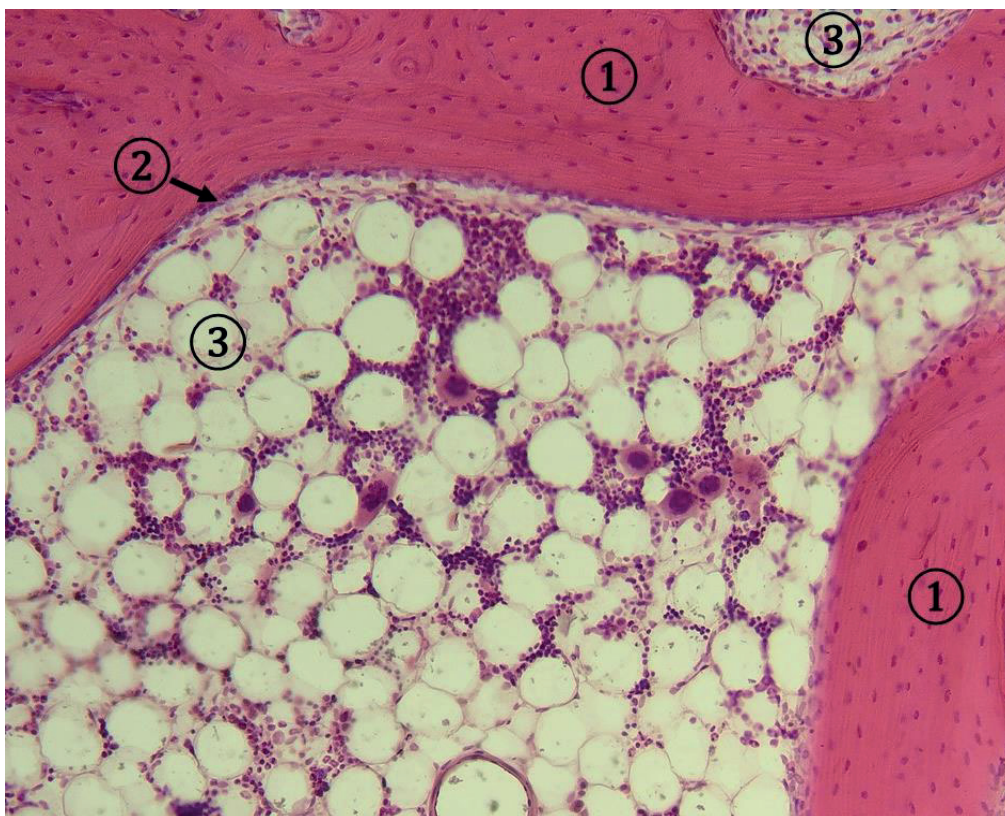
V **žltej kostnej dreni** prevládajú najmä univakuolárne adipocyty a menej hematopoetických buniek. V prípade veľkých strát krvi a kompenzačnom zvýšení erytropoézy sa žltá kostná dreň môže zmeniť na červenú.



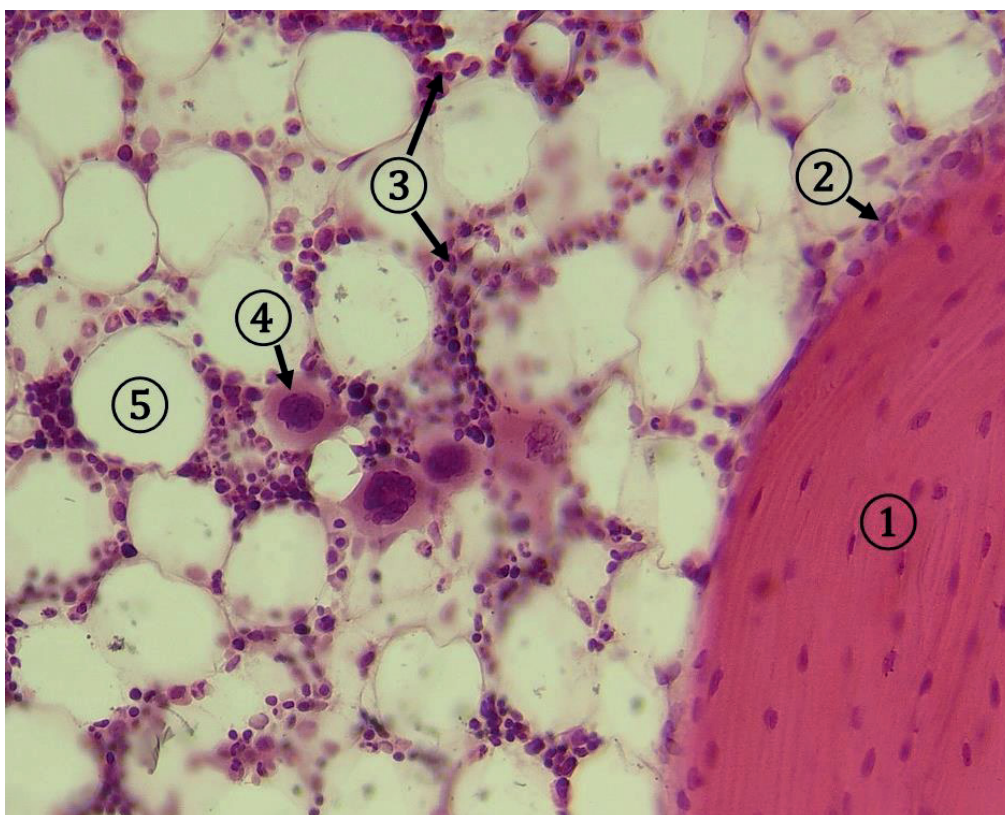
Obr. 10.1 Kostná dreň v diafýze dlhej kosti. 1 - kostná dreň, 2 - endost, 3 - kompaktné kostné tkanivo. (Diaphysis - priečny rez, farbenie: HE)



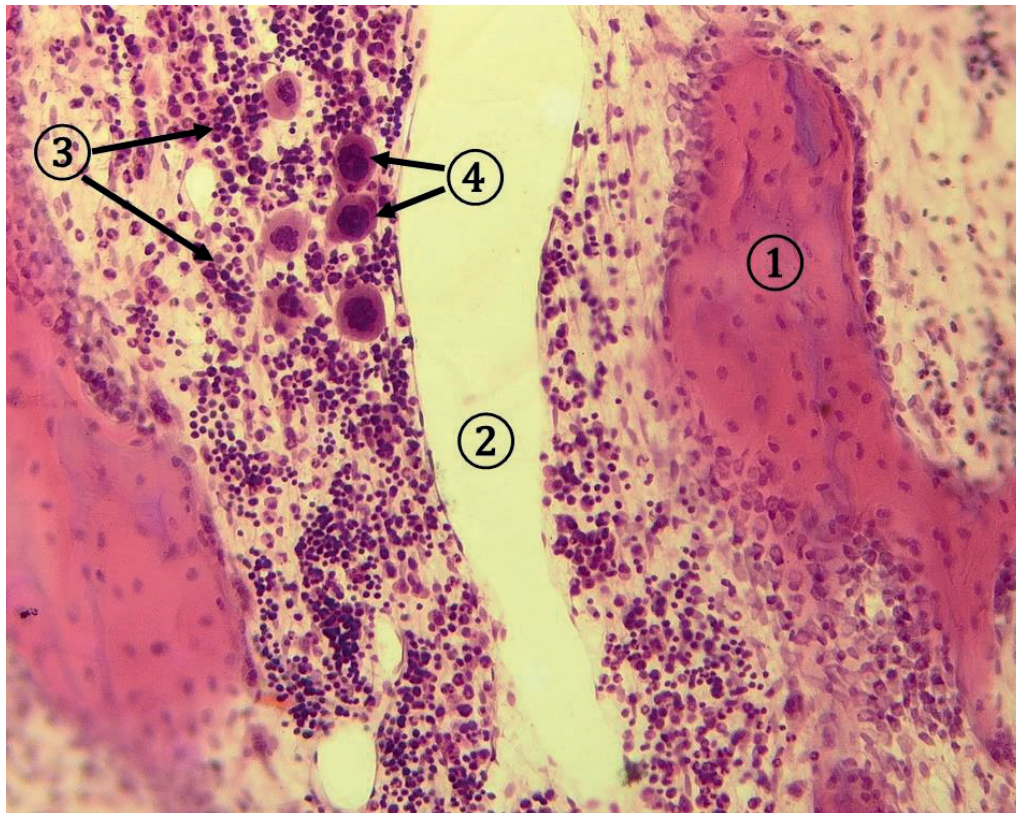
Obr. 10.2 Detail kostnej drene v diafýze dlhej kosti. 1 - megakaryocyt, 2 - lúmen krvných kapilár, 3 - ostrovčeky hematopoetických buniek, 4 - univakuolárne adipocyty. (Diaphysis - priečny rez, farbenie: HE)



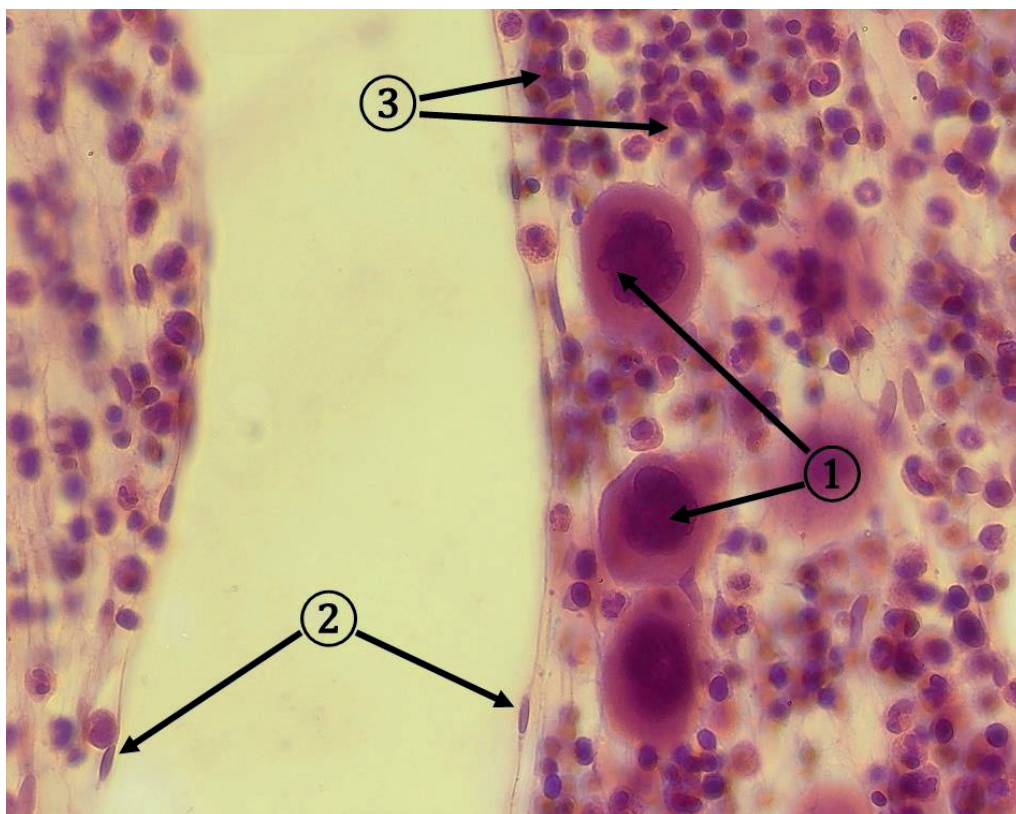
Obr. 10.3 Kostná dreň v epifýze dlhej kosti. 1 - trabekuly špongiózneho kostného tkaniva, 2 - endost, 3 - kostná dreň. (Epiphysis, farbenie: HE)



Obr. 10.4 Detail kostnej drene v epifýze dlhej kosti. 1 - trabekula špongiózneho kostného tkaniva, 2 - endost, 3 - hematopoetické bunky, 4 - megakaryocyt, 5 - univakuolárny adipocyt. (Epiphysis, farbenie: HE)



Obr. 10.5 Novovzniknutá kostná dreň v osiformnej zóne počas osifikácie. 1 - trabekula primárneho kostného tkaniva, 2 - lúmen sinusoidnej kapiláry, 3 - hematopoetické bunky, 4 – megakaryocyty. (Diaphysis, farbenie: HE)



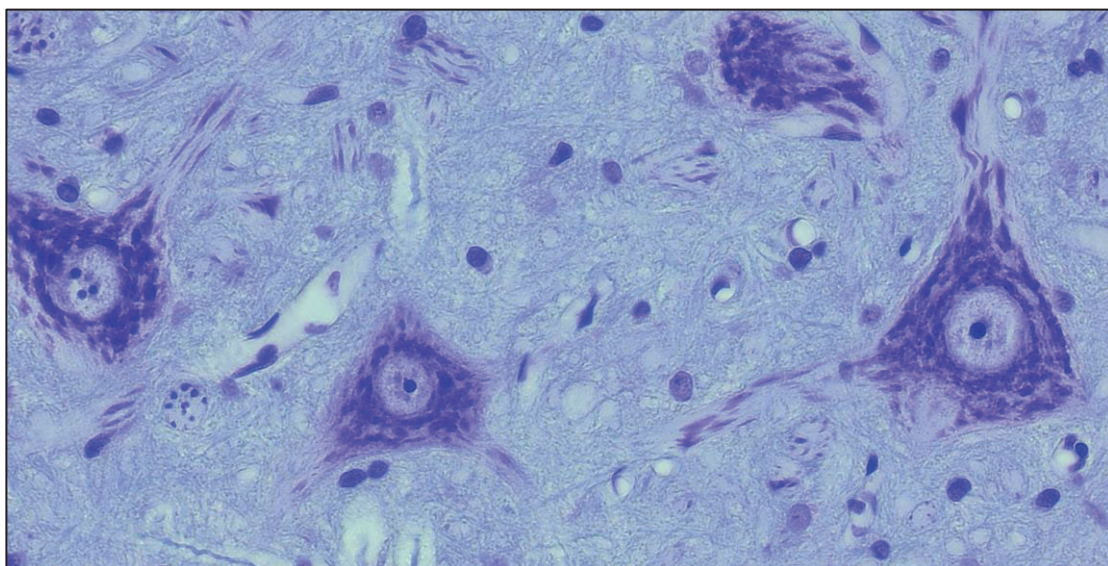
Obr. 10.6 Detail kostnej drene v osiformnej zóne počas osifikácie. 1 - megakaryocyty, 2 - endotelové bunky v sinusoidnej kapiláre, 3 - hematopoetické bunky. (Diaphysis, farbenie: HE)

Literatúra

- ADAMKOV, M. *Introduction to Functional Histology*, Turany: Tlačiareň P+M, 2016.
- BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.
- KAPPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.
- KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.
- MESCHER, A., L. *Junqueira's Basic Histology, Text and Atlas*, 14th edition. McGraw-Hill Education, 2016.
- PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.

11 NERVOVÉ TKANIVO

MVDr. Zuzana Fagová, PhD.



11.1 Všeobecná charakteristika nervového tkaniva

11.2 Typy nervových buniek podľa tvaru

11.2.1 Okrúhly tvar bunky – pseudounipolárne neuróny

11.2.2 Hviezdicovitý tvar bunky – multipolárne neuróny

11.2.3 Hruškovitý tvar bunky – Purkyňove bunky

11.2.4 Pyramídové bunky – Betzove bunky

11.3 Gliové bunky

11.4 Selektívne metódy na znázornenie neuroglie

11.5 Nervové tkanivo miechy – Nisslova metóda

11.5.1 Sivá hmota miechy

11.5.2 Biela hmota miechy

11.5.3 Centrálny kanál

11 NERVOVÉ TKANIVO

11.1 Všeobecná charakteristika nervového tkaniva

Nervové tkanivo je vysoko špecializované tkanivo zložené z nervových buniek (neurónov) a podporných gliových buniek.

Nervová bunka je základnou morfológickou, funkčnou a trofickou jednotkou nervového tkaniva. Morfológia, ale aj funkcia nervových buniek je rozmanitá. Na základe tvaru sú neuróny klasifikované na okrúhle, hviezdicovité, hruškovité a pyramídové. U väčšiny neurónov sa popisuje telo neurónu (*soma, perikaryon*) a dva základné typy výbežkov – dostredivé dendrity a odstredivý axón.

Gliové bunky vykonávajú v nervovom tkanive viacero dôležitých funkcií ako je tvorba myelínu, fagocytóza, transport a selekcia látok. Jednotlivé typy gliových buniek sa líšia na základe lokalizácie, funkcie a morfológie. V periférnom nervovom systéme sa vyskytujú **Schwannove bunky a satelitové bunky** (amficyty). V centrálnom nervovom systéme sú zastúpené **astrocyty, oligodendrocyty** (spoločne s astrocytmi sú niekedy označované ako makroglia), **ependymové bunky a mikroglia**.

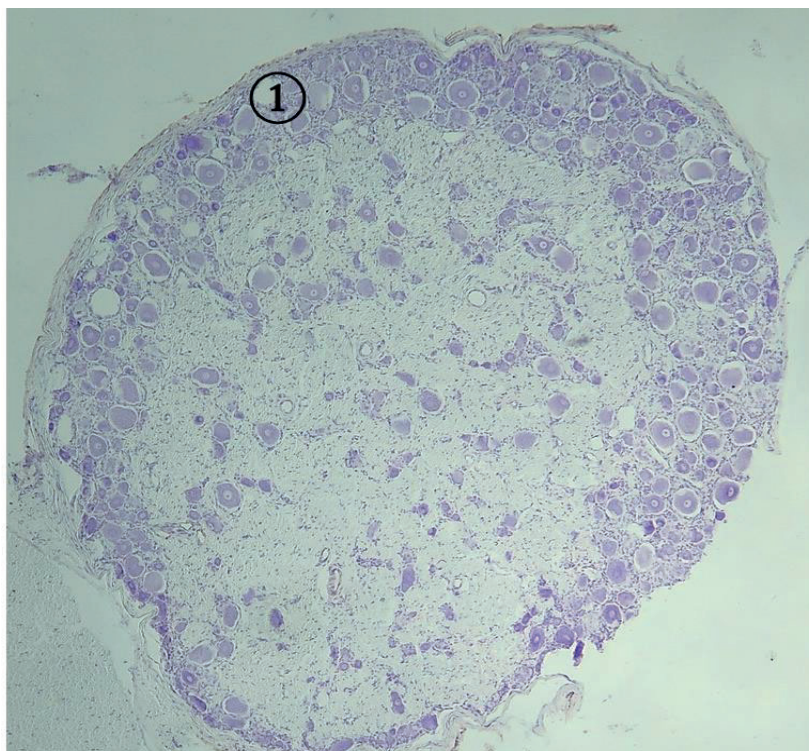
Najčastejšie sa nervové tkanivo farbí pomocou Nisslovej metódy, pri ktorej sa používa bázické farbivo krezolová violet. Na štúdium morfológie gliových buniek sa využívajú najmä špeciálne impregnačné metódy a imunohistochemické metódy.

11.2 Typy nervových buniek podľa tvaru

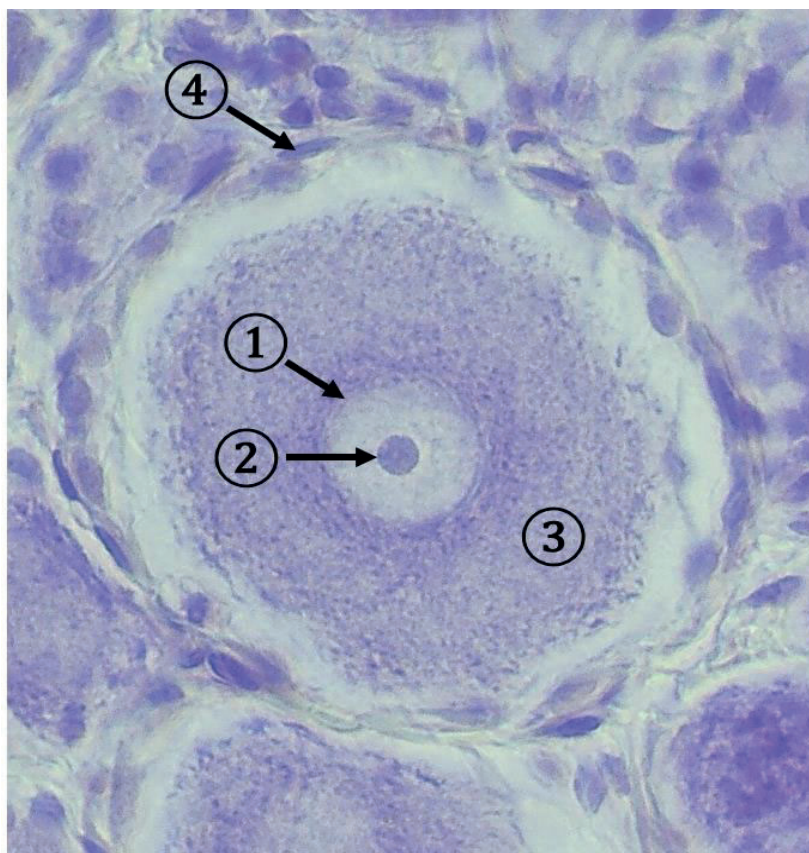
11.2.1 Okrúhly tvar bunky – pseudounipolárne neuróny

Pseudounipolárne neuróny sú typickými senzitívnymi neurónmi periférneho nervového systému. Nachádzajú sa v spinálnom gangliu (*ganglion spinale*), v ktorom sú uložené najmä na jeho periférii pod väzivovým puzdrom, ojedinele aj v centre ganglia medzi nervovými vláknami.

Pseudounipolárne neuróny sú bunky s okrúhlym tvarom tela a jedným výbežkom, ktorý sa v krátkej vzdialenosti od tela vetví v podobe písmena „T“, na dve vetvy. Veľkosť týchto neurónov je od 20 – 50 μm . V tele neurónu sa nachádza centrálné uložené okrúhle svetlé bazofilné (euchromatické) jadro s výrazným bazofilným jadierkom. Cytoplazma obsahuje jemné zrnká bazofilnej Nisslovej hmoty (boгато rozvinuté drsné endoplazmatické retikulum s ribozómami). V tele neurónu sa môže vyskytovať aj žltohnedý pigment lipofuscín. Výbežok odstupujúci z tela a aj jeho vetvy majú morfológiu axónu. V tesnej blízkosti tiel pseudounipolárnych neurónov sa nachádzajú ploché satelitové bunky s oválnymi jadrami.



Obr. 11.1 Spinálne ganglion. 1 - oblasť s výskytom pseudounipolárnych neurónov. (Ganglion spinale, farbenie: Nisslova metóda)

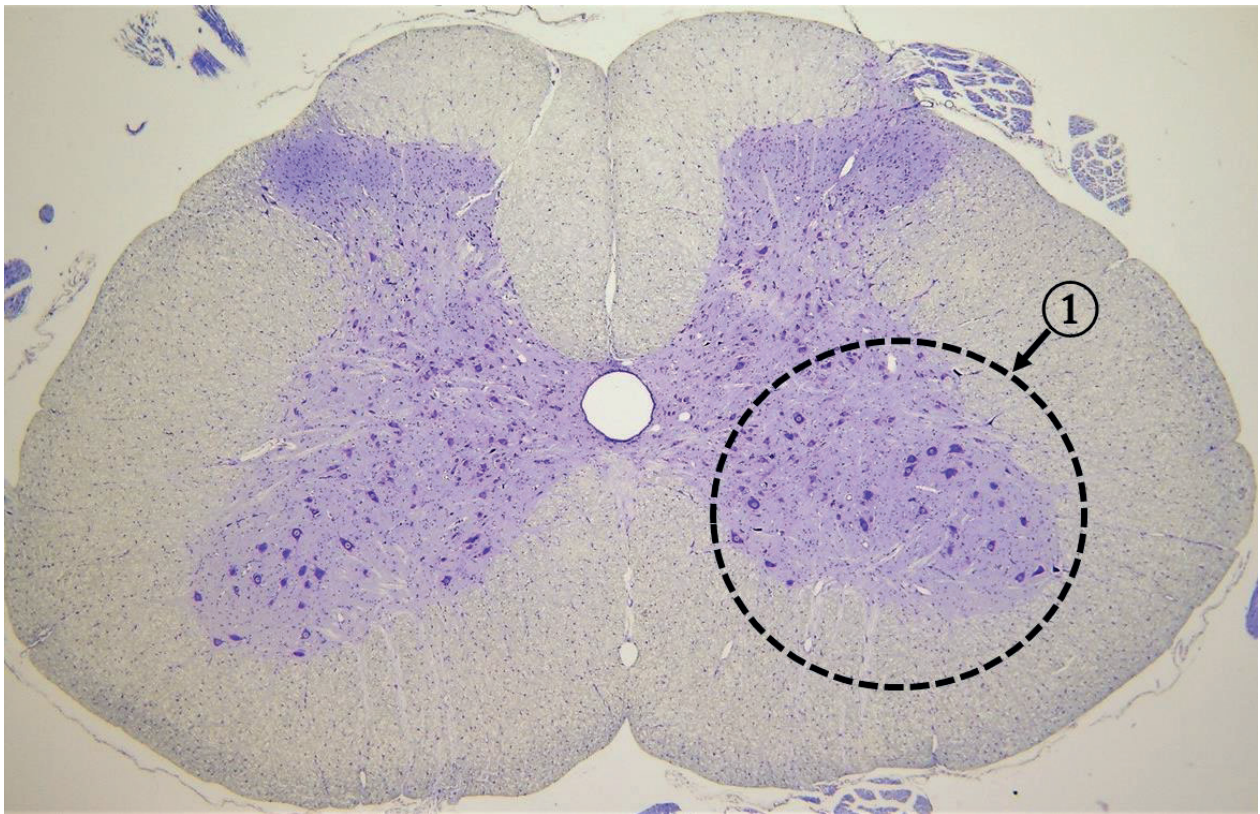


Obr. 11.2 Pseudounipolárny neurón. 1 - jadro neurónu, 2 - jadierko, 3 - Nisslova hmota, 4 - jadro satelitovej bunky. (Ganglion spinale, farbenie: Nisslova metóda)

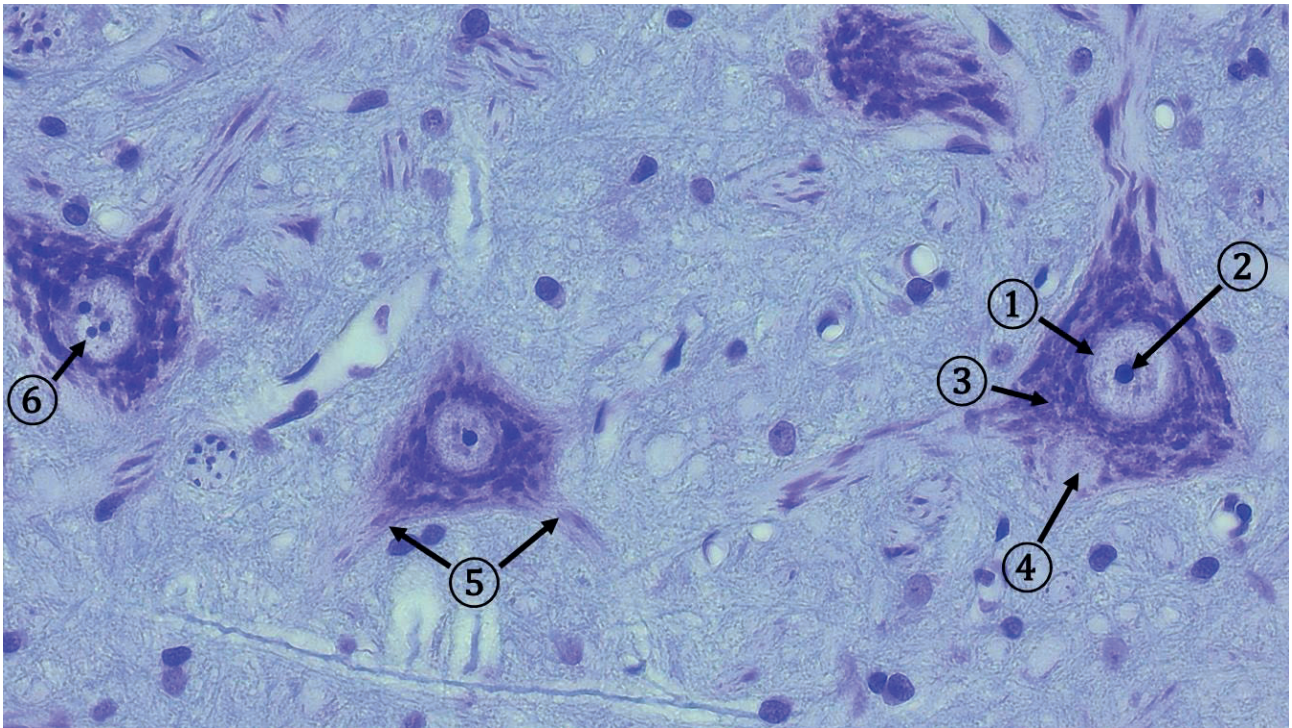
11.2.2 Hviezdicovitý tvar bunky – multipolárne neuróny

Multipolárne neuróny sú charakteristické pre centrálny nervový systém. Sú lokalizované v sivej hmote miechy (*medulla spinalis*). Najväčšie multipolárne neuróny – motorické neuróny sa nachádzajú v predných rohoch miechy.

Multipolárne neuróny miechy majú hviezdcovitý tvar tela, z ktorého odstupujú početné rozvetvené dendrity a jeden axón. Dosahujú veľkosť až do 150 μm . Telo neurónu obsahuje centrálnne uložené okrúhle svetlé bazofilné (euchromatické) jadro s rôznym počtom (1-3) výrazných jadriek. V cytoplazme tela bunky sa nachádzajú výrazné hrudky bazofilnej Nisslovej hmoty. Dendrity, podobne ako telo neurónu, obsahujú Nisslovu hmotu. Axón odstupuje z tela neurónu v mieste odstupového kužľa, ktorý neobsahuje Nisslovu hmotu a preto sa v svetelnom mikroskope javí svetlo.



Obr. 11.3 Miecha - priečny rez. 1 - predný roh miechy s veľkými multipolárnymi neurónmi. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)



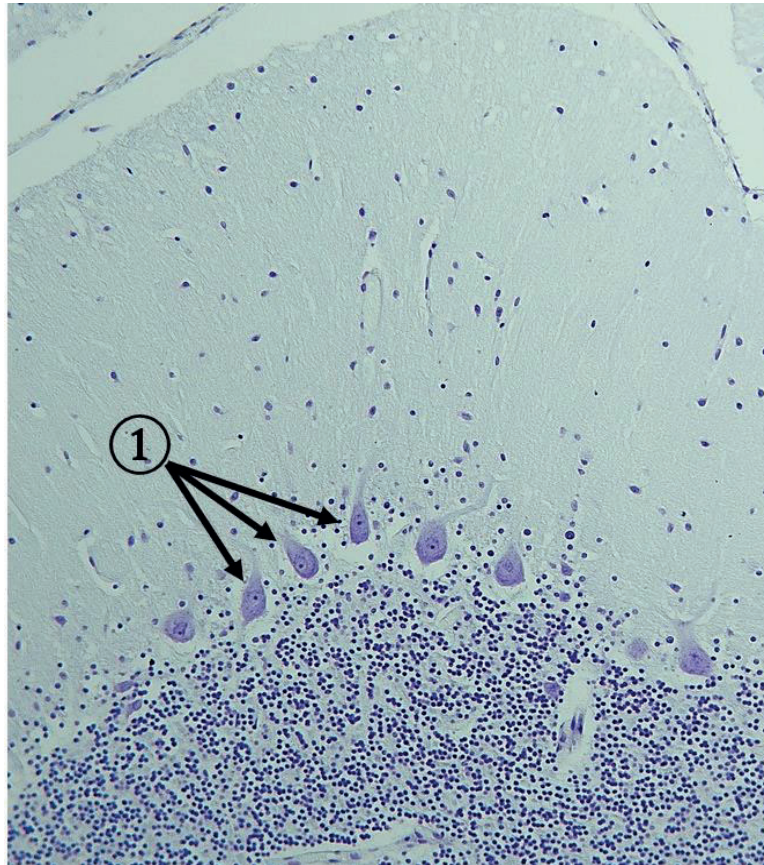
Obr. 11.4 Multipolárne neuróny v predných rohoch miechy. 1 - jadro neurónu, 2 - jadierko, 3 - Nisslova hmota, 4 - odstupový kužeľ axónu, 5 - dendrity, 6 - jadro neurónu s viacerými jadierkami. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

11.2.3 Hruškovitý tvar bunky – Purkyňove bunky

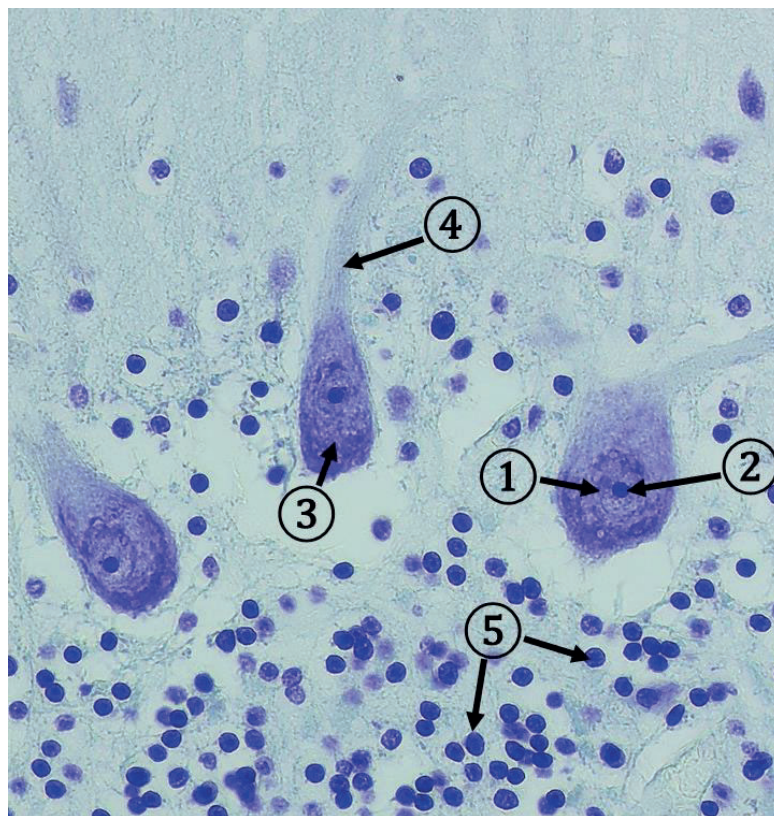
Neuróny hruškovitého tvaru sa vyskytujú veľmi zriedkavo. Purkyňove bunky sú neuróny typické pre sivú hmotu (kôru) mozočka (*cerebellum*), v ktorej sú usporiadané do jednej vrstvy (*stratum gangliosum*).

Purkyňove bunky majú hruškovitý tvar tela, z ktorého smerom k povrchu mozočka odstupujú zvyčajne dva hrubé bohato sa vetviace dendrity. Z bázy tela odstupuje vždy len jeden axón. Z hľadiska počtu výbežkov sú to multipolárne neuróny. Veľkosť Purkyňových buniek sa pohybuje od 60 do 80 μm . Telo neurónu obsahuje centrálné uložené okrúhle svetlé bazofilné (euchromatické) jadro s výrazným bazofilným jadierkom. Cytoplazma obsahuje drobné zrnká bazofilnej Nisslovej hmoty, ktorá sa nachádza aj v dendritoch.

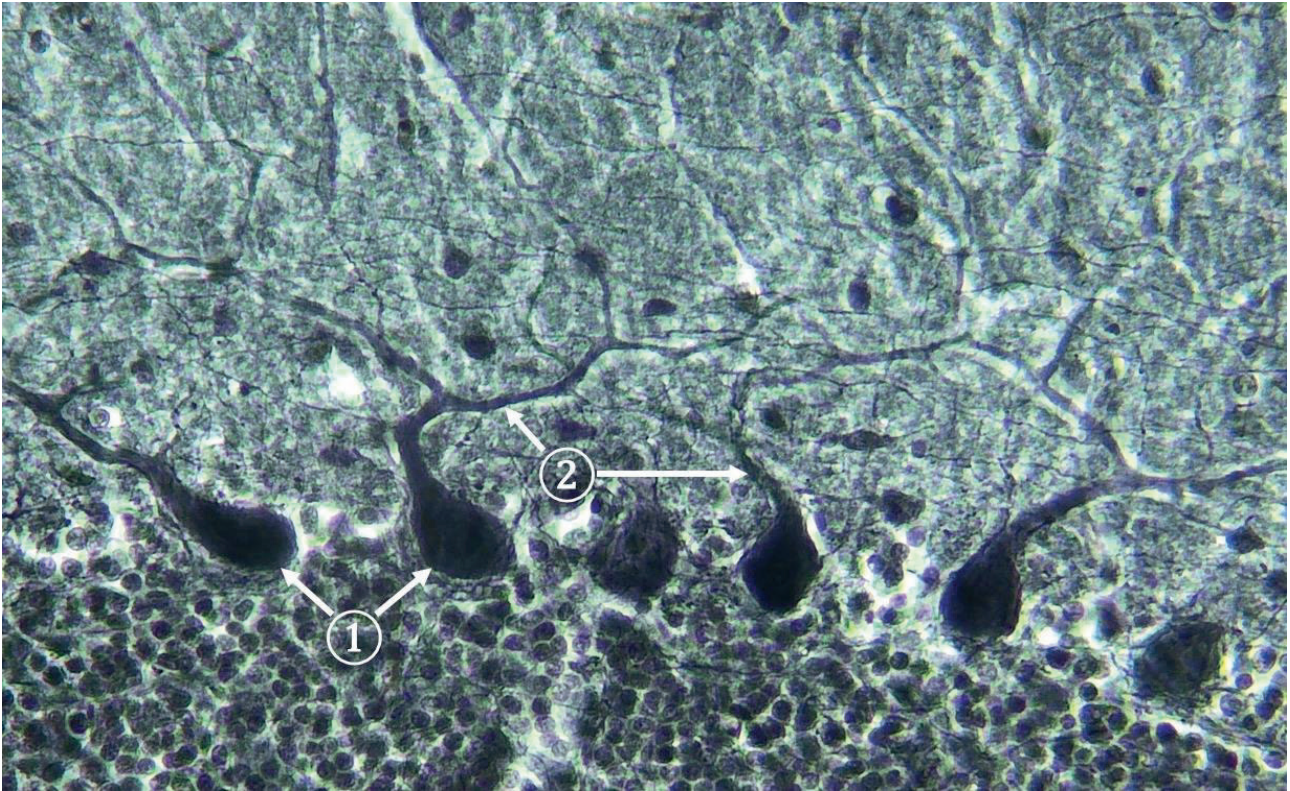
Pod Purkyňovými bunkami sa nachádza vrstva malých neurónov (*stratum granulosum*), ktoré sú najmenšími bunkami v ľudskom tele a dosahujú veľkosť len 4-6 μm . Jadro neurónov je okrúhle, obklopené veľmi tenkou vrstvou cytoplazmy.



Obr. 11.5 Kôra mozôčka. 1 - Purkyňove bunky v stratum gangliosum. (Cerebellum, farbenie: Nisslova metóda)



Obr. 11.6 Purkyňove bunky. 1 - jadro neurónu, 2 - jadierko, 3 - Nisslova hmota, 4 - dendrit 5 - jadrá zrnitých buniek. (Cerebellum, farbenie: Nisslova metóda)

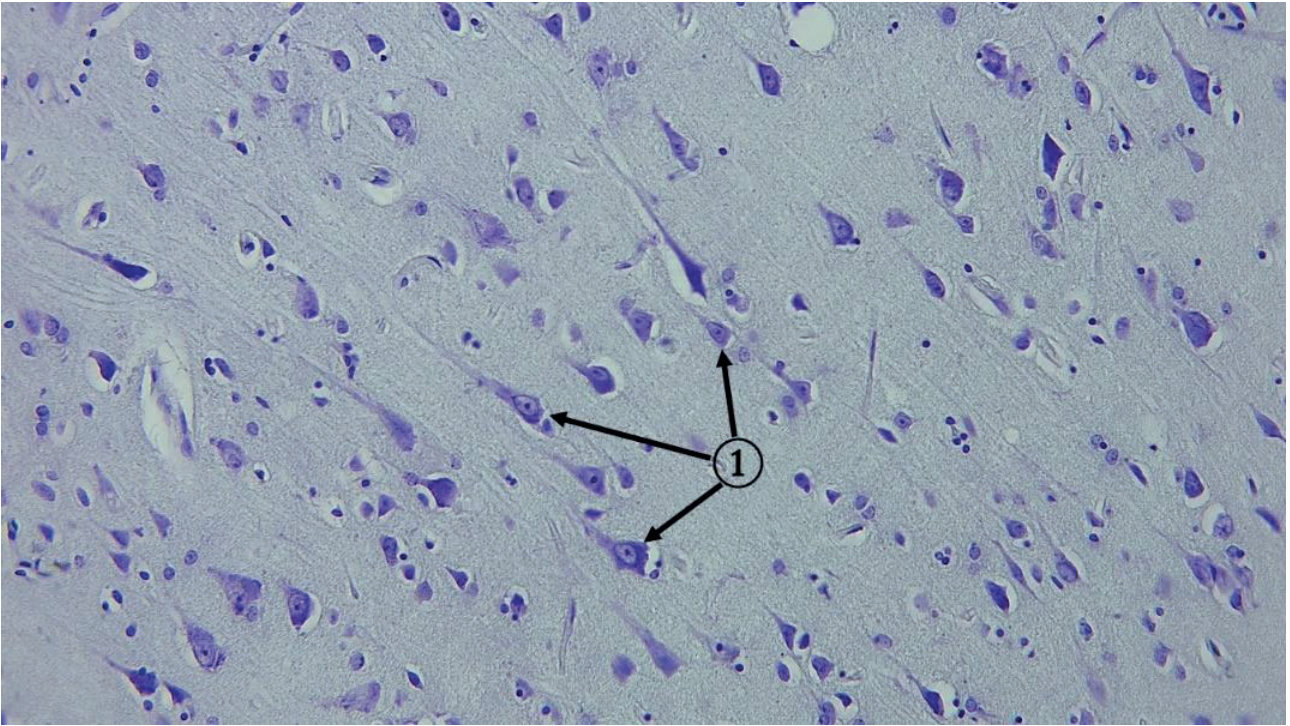


Obr. 11.7 Purkyňove bunky. 1 - telo neurónu, 2 – dendrity. (Cerebellum, Impregnačná metóda podľa Holmesa)

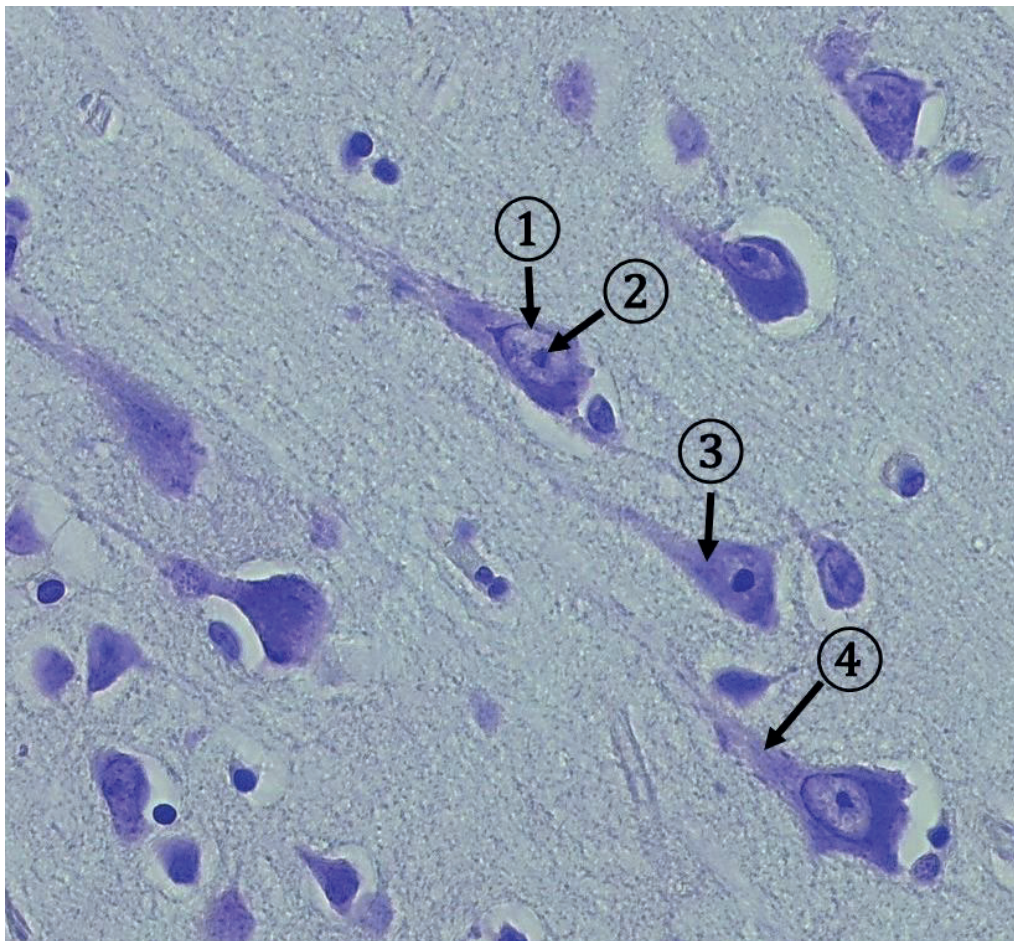
11.2.4 Pyramídové bunky – Betzove bunky

Pyramídové bunky sú charakteristické pre mozgovú kôru (*cortex cerebri*), v ktorej sa nachádzajú v rôznych veľkostiach. Obrovské pyramídové neuróny - Betzove bunky sú lokalizované v V. vrstve kôry mozgu (vnútorná pyramídová vrstva, *lamina pyramidalis interna*) a často vytvárajú skupinky – Betzove hniezda.

Betzove bunky majú pyramídový tvar tela, z ktorého smerom na povrch mozgovej kôry vystupuje hrubý hlavný dendrit a z bázy tela odstupuje axón. Betzove bunky sú na základe počtu výbežkov multipolárne neuróny. Tieto bunky sú najväčšími pyramídovými bunkami v kôre mozgu a dosahujú veľkosť až 80 - 120 μm . V tele neurónu sa nachádza centrálné uložené okrúhle svetlé bazofilné (euchromatické) jadro s výrazným bazofilným jadierkom. Cytoplazma tela a dendrity obsahujú zrnká bazofilnej Nisslovej hmoty.



Obr. 11.8 Mozgová kôra. 1 - pyramídové Betzove bunky v *lamina pyramidalis interna*. (Cortex cerebri, farbenie: Nisslova metóda)



Obr. 11.9 Betzove bunky. 1 - jadro neurónu, 2 - jadierko, 3 - Nisslova hmota, 4 - hlavný dendrit. (Cortex cerebri, farbenie: Nisslova metóda)

11.3 Gliové bunky

Populáciu gliových buniek (neuroglia) v CNS tvoria **astrocyty** (protoplazmatické a fibrilárne), **oligodendrocyty**, **ependýmové bunky** a **mikroglia**.

Astrocyty sú najväčšími gliovými bunkami v CNS. Majú hviezdicovitý tvar. Jadro astrocytov je pomerne veľké okrúhle svetlo bazofilné a často obsahuje výrazné jadierko. Na základe lokalizácie a morfológie výbežkov sa astrocyty delia na protoplazmatické a fibrilárne. **Protoplazmatické astrocyty** sa vyskytujú v sivej hmote. Ich početné výbežky sú krátke a bohato rozvetvené. **Fibrilárne astrocyty** sa nachádzajú v bielej hmote. Majú malý počet dlhých tenkých výbežkov, ktoré sú zriedkavo rozvetvené. Astrocyty vykonávajú viacero veľmi dôležitých funkcií. Svojimi gliovými nožičkami sa prikladajú na povrch krvných kapilár a tvoria tak *membrana limitans gliae perivascularis*, ktorá je súčasťou hematoencefalickej bariéry. Astrocyty uložené pri povrchu mozgu alebo miechy tvoria *membrana limitans gliae superficialis*. Astrocyty sa tiež podieľajú na udržiavaní homeostázy a výživy nervového tkaniva. Svojimi výbežkami pokrývajú aj množstvo synáps.

Oligodendrocyty sa vyskytujú v sivej aj bielej hmote. V sivej hmote sú lokalizované najmä v okolí tiel veľkých neurónov a majú najmä podpornú funkciu. V bielej hmote sa vyskytujú medzi axónmi, na ktorých vytvárajú pomocou výbežkov myelínovú pošvu. Oligodendrocyty sú bunky s okrúhlym alebo oválnym tvarom tela, z ktorého odstupuje veľmi málo krátkych takmer nevetviacich sa výbežkov. Jadro je menšie, okrúhle a tmavšie než jadro astrocytov.

Mikrogliové bunky sú najmenšie gliové bunky CNS s krátkymi nepravidelnými bohato vetvenými výbežkami. Jadro mikrogliových buniek je malé oválne a tmavé. Mikroglia je zaradená do monocytomakrofágového systému. Hlavnou funkciou je imunitná odpoveď v nervovom tkanive: sú schopné migrácie a fagocytózy, patria medzi antigén-prezentujúce bunky a produkujú zápalové cytokíny.

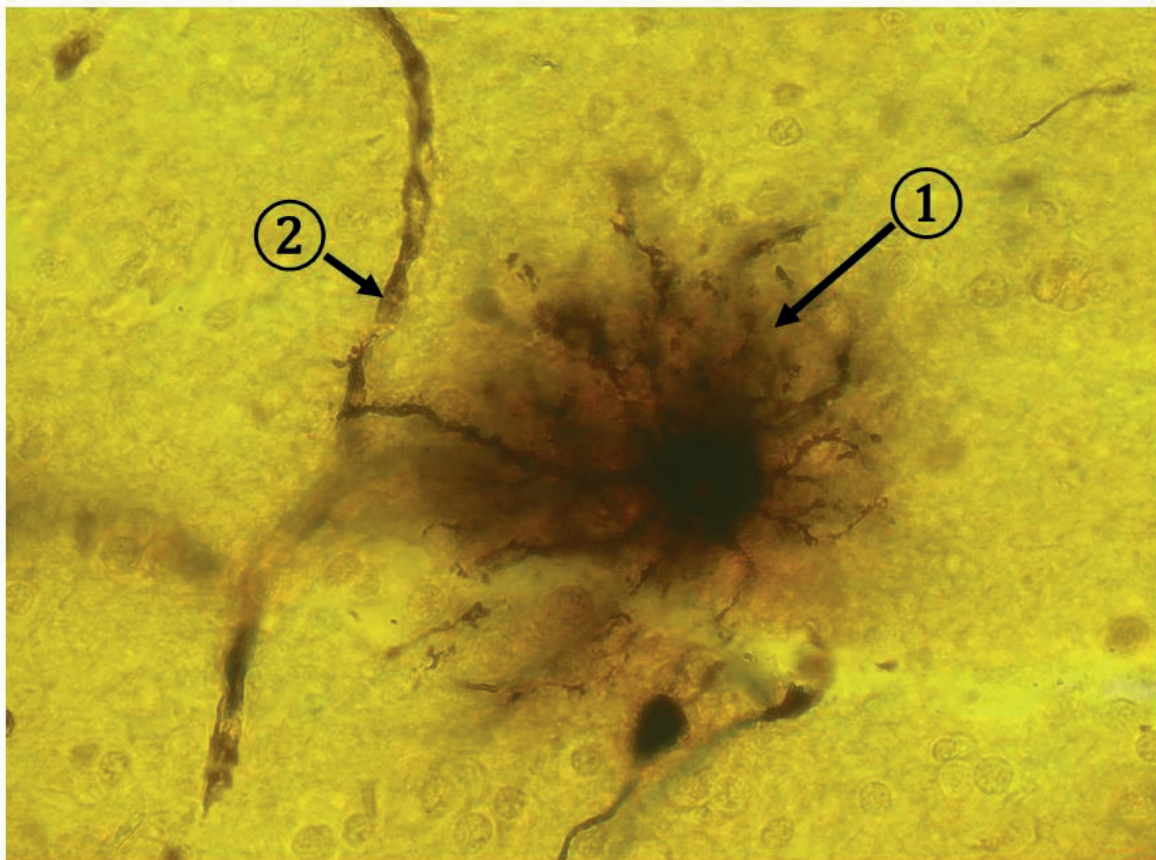
Ependýmové bunky usporiadané v jednej vrstve vystielajú centrálny kanál miechy a mozgové komory. Morfológia ependýmových buniek je zreteľná aj po bežných farbiaciach metódach. Sú to kubické až nízke cylindrické bunky obsahujúce okrúhle alebo oválne jadro. Na apikálnom povrchu majú vytvorené kinocílie a mikrokľky. Na rozdiel od epitelového tkaniva, ktoré pripomínajú, nenasadajú na bazálnu membránu. Ependým sa zúčastňuje prúdenia, absorpcie ale aj tvorby mozgovomiechového moku.

11.4 Selektívne metódy na znázornenie neuroglie

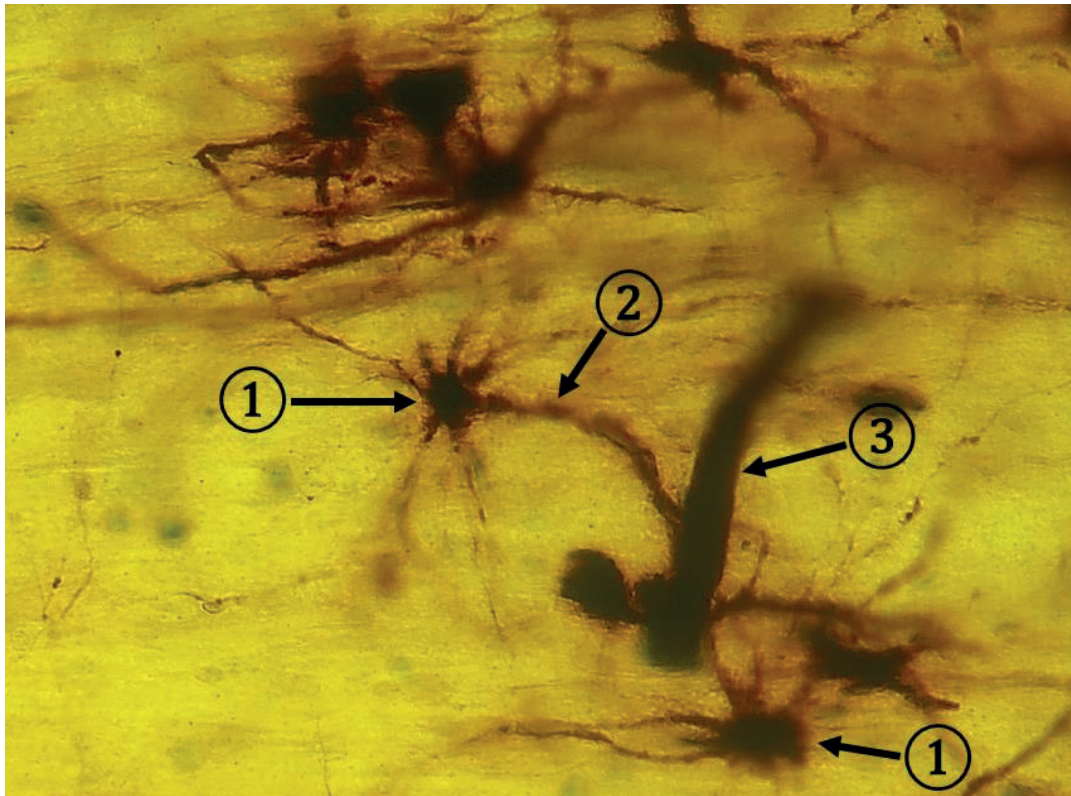
11.4.1 Impregnačná metóda Ramon – Molinér na znázornenie astrocytov, oligodendrocytov a mikroglie

Impregnačné metódy slúžia na detailnejšie štúdium morfológie gliových buniek. Cytoskelet je argyrofilná štruktúra vyskytujúca sa v tele ale aj vo výbežkoch gliových buniek. Po impregnácii soľami striebra sú všetky argyrofilné komponenty buniek a tkanív viditeľné ako tmavohnedé až čierne štruktúry. Na základe morfológie sú v preparáte podľa nasledujúcich znakov rozlíšiteľné:

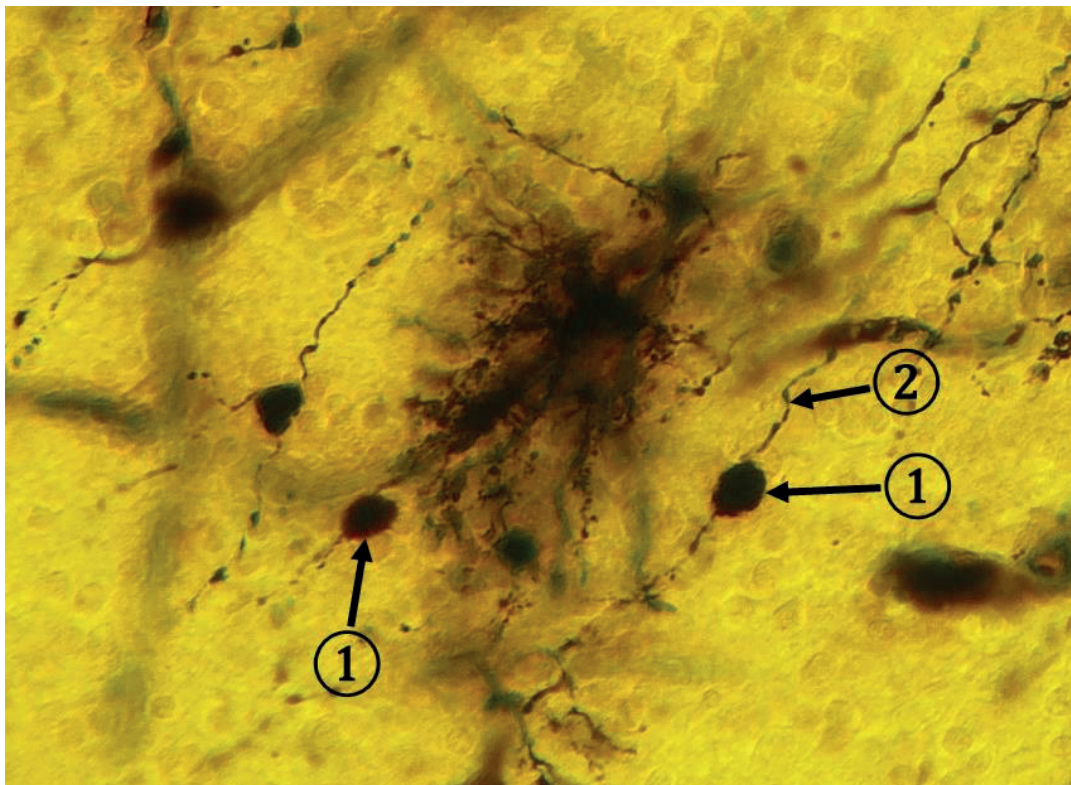
- **Protoplazmatické astrocyty** - početné krátke a bohato rozvetvené výbežky, niektoré výbežky majú na konci vytvorené gliové nožičky, ktorými sú v kontakte s krvnými cievami
- **Fibrilárne astrocyty** - malý počet dlhých rovných tenkých zriedkavo rozvetvených výbežkov
- **Oligodendrocyty** - okrúhle alebo oválne telo, veľmi málo krátkych výbežkov
- **Mikroglia** - najmenšie gliové bunky, oválne až pretiahle telo s krátkymi nepravidelnými bohato vetvenými výbežkami



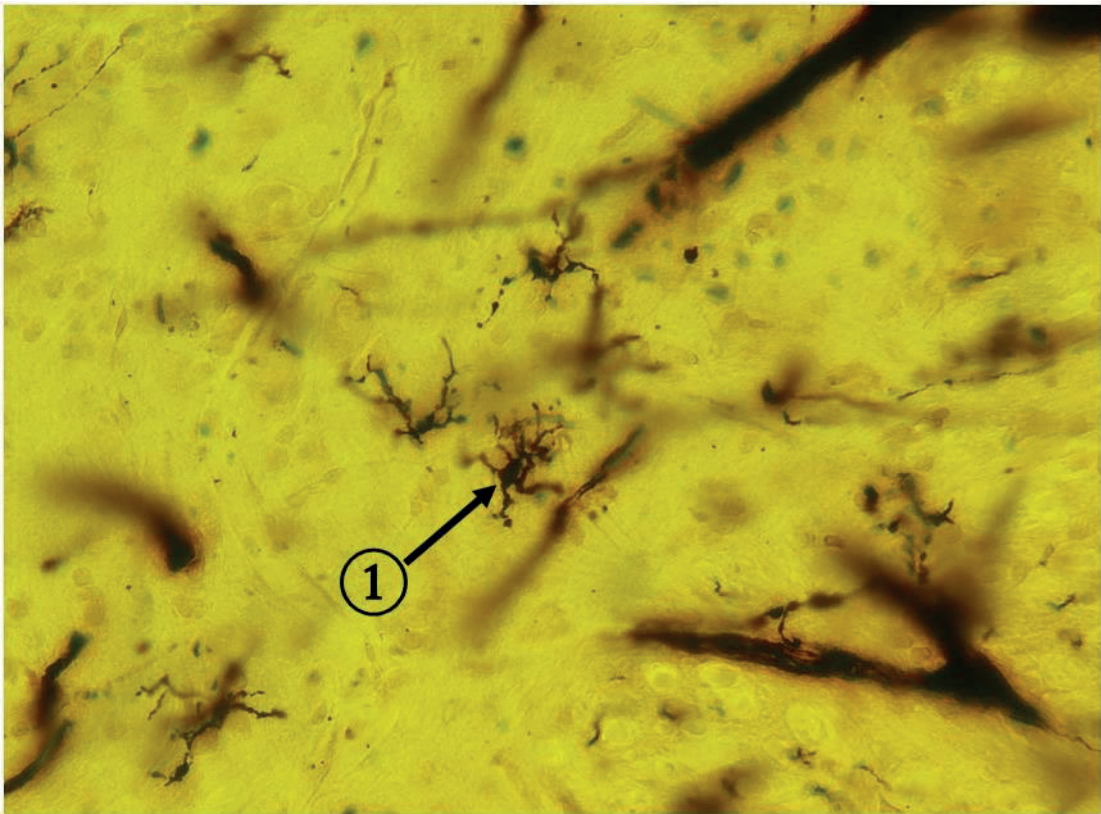
Obr. 11.10 Protoplazmatický astrocyt. 1 - protoplazmatický astrocyt, 2 - krvná cieva. (Cerebrum, impregnačná metóda Ramón - Molinér)



Obr. 11.11 Fibrilárny astrocyt. 1 - fibrilárny astrocyt, 2 - výbežok astrocytu v kontakte s krvnou cieovou, 3 - krvná cieva. (Cerebrum, impregnačná metóda Ramón - Molinér)



Obr. 11.12 Oligodendrocyty. 1 – telo bunky, 2 – výbežok. (Cerebrum, impregnačná metóda Ramón - Molinér)



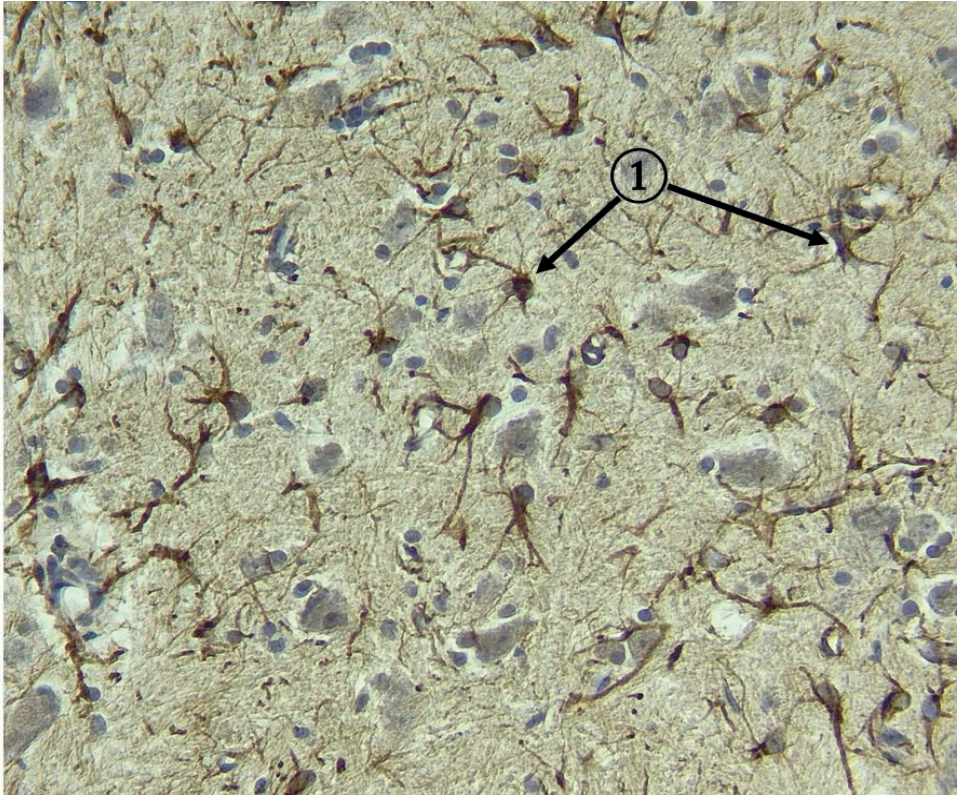
Obr. 11.13 Mikrogliá. 1 – mikrogliá. (Medulla spinalis, impregnačná metóda Ramón - Molinér)

11.4.2 Imunohistochemický dôkaz astrocytov (GFAP)

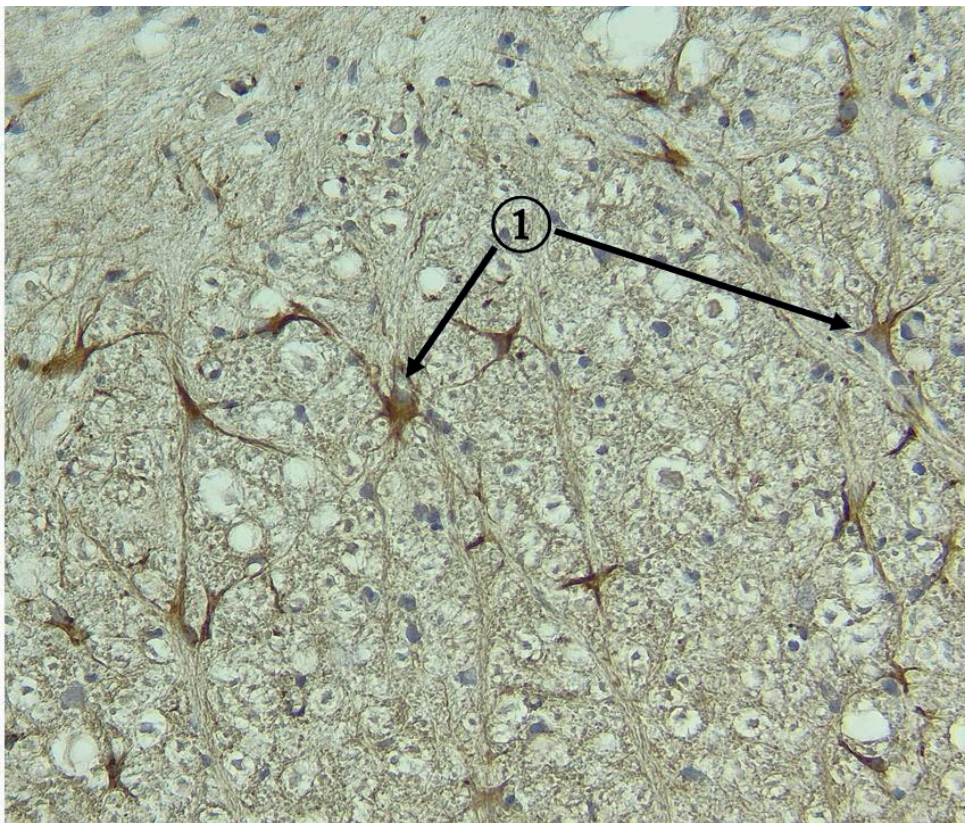
Astrocyty v CNS a Bergmannove bunky v mozočku obsahujú v cytoplazme tela a výbežkov špecifické intermediárne filamenty zložené z kyslého gliofibrilárneho proteínu (glial fibrillary acidic protein - GFAP). Dôkaz tohto proteínu sa využíva v imunohistochémii na identifikáciu astrocytov. GFAP sa vizualizuje pomocou chromogénu DAB. Jadrá buniek v preparáte boli dofarbené hematoxylínom.



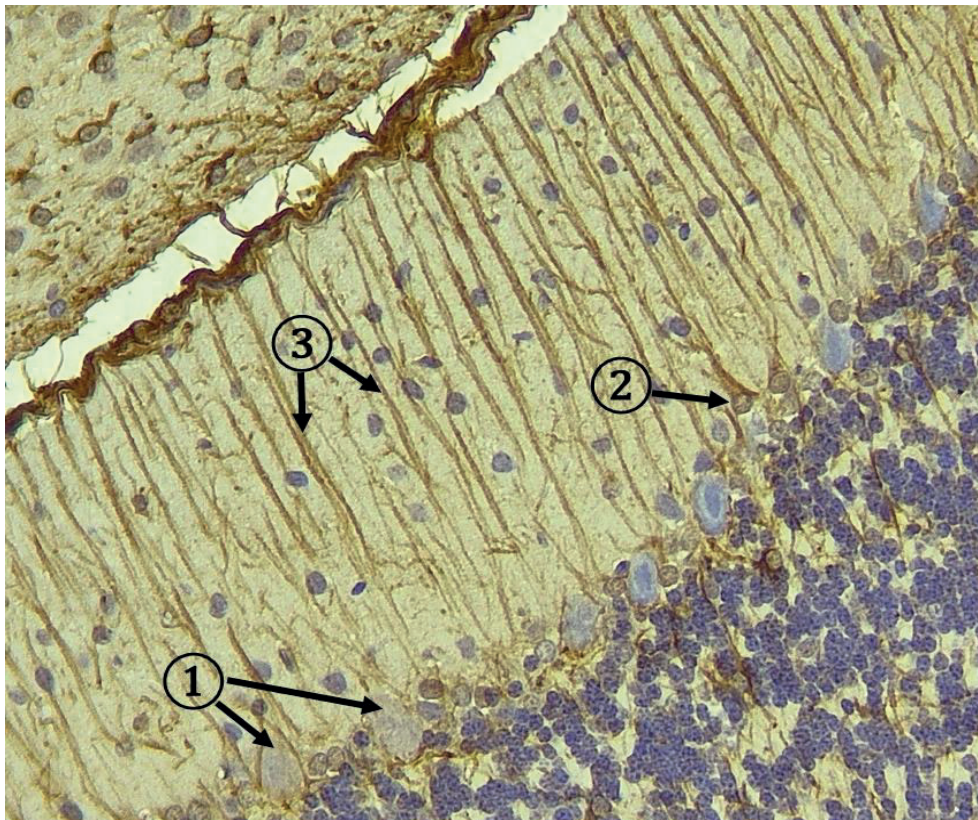
Obr. 11.14 Astrocyty v okolí krvnej cievy. 1 - telá astrocytov, 2 - výbežky astrocytov v kontakte s krvnou cieovou (*membrana limitans gliae perivascularis*), 3 - lúmen krvnej cievy. (Medulla spinalis, imunohistochemický dôkaz GFAP)



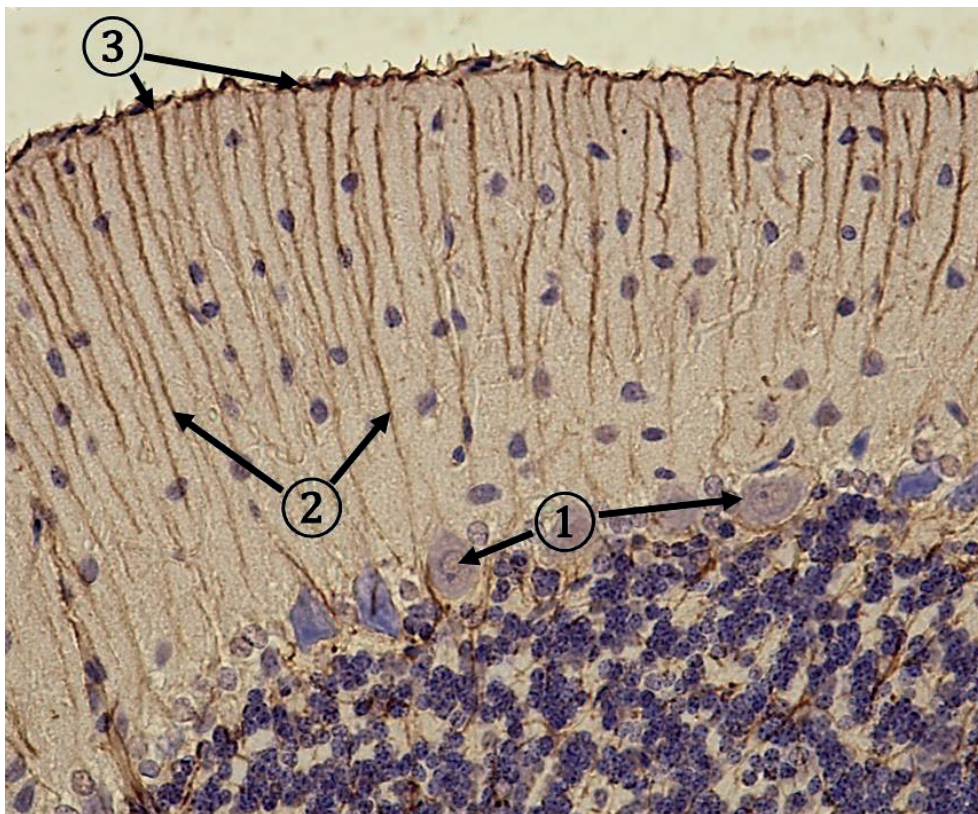
Obr. 11.15 Dôkaz astrocytov v sivej hmote. 1 - telá astrocytov. (Medulla spinalis, imunohistochemický dôkaz GFAP)



Obr. 11.16 Dôkaz astrocytov v bielej hmote. 1 - telá astrocytov. (Medulla spinalis, imunohistochemický dôkaz GFAP)



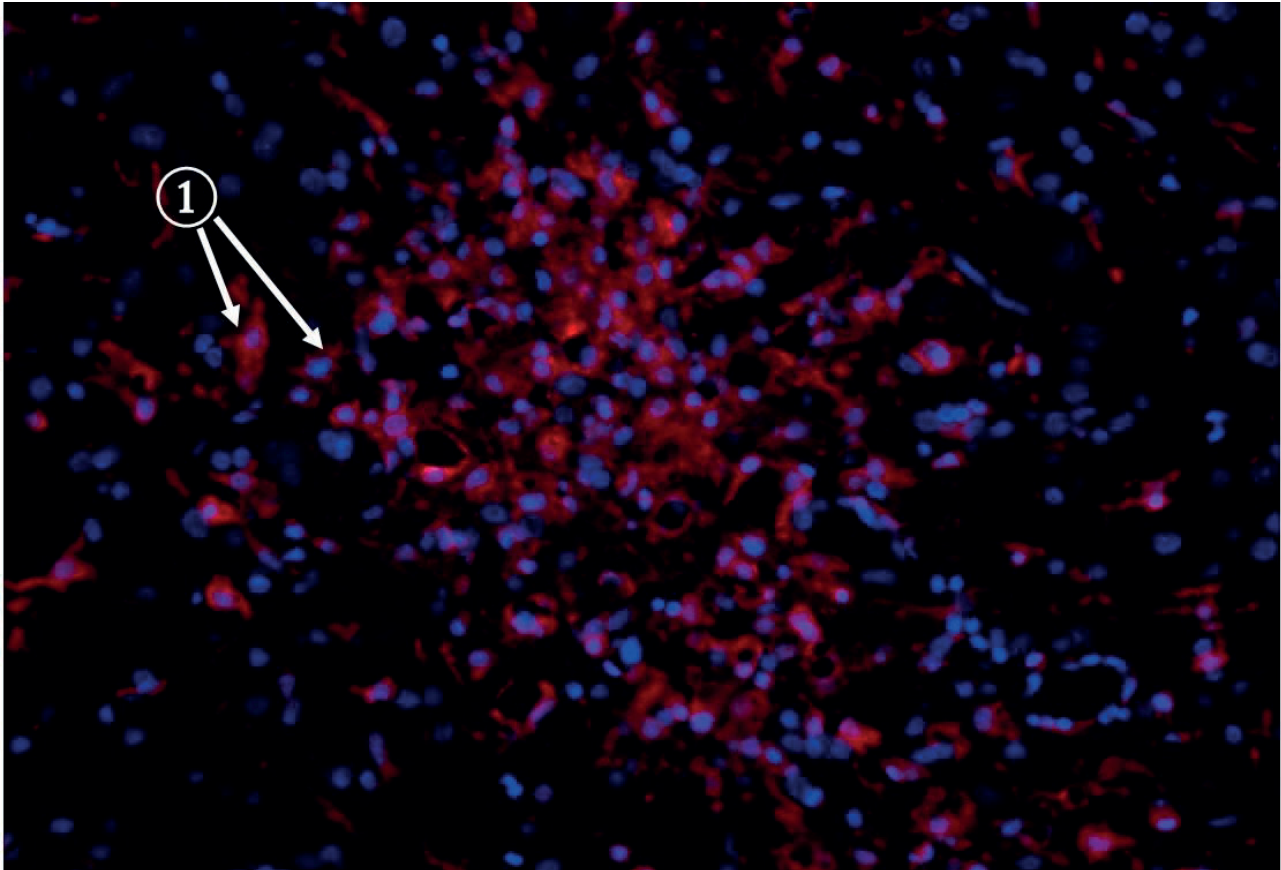
Obr. 11.17 Bergmanove bunky v kôre mozočka. 1 - telá Purkyňových buniek, 2 - telá Bergmanových buniek, 3 - výbežky Bergmanových buniek. (Cerebellum, imunohistochemický dôkaz GFAP)



Obr. 11.18 Membrana limitans gliae superficialis na povrchu mozočka. 1 - telá Purkyňových buniek, 2 - výbežky Bergmanových buniek, 3 - membrana limitans gliae superficialis tvorená výbežkami Bergmanových buniek. (Cerebellum, imunohistochemický dôkaz GFAP).

11.4.3 Imunohistochemický dôkaz Iba-1 v aktivovanej mikroglia

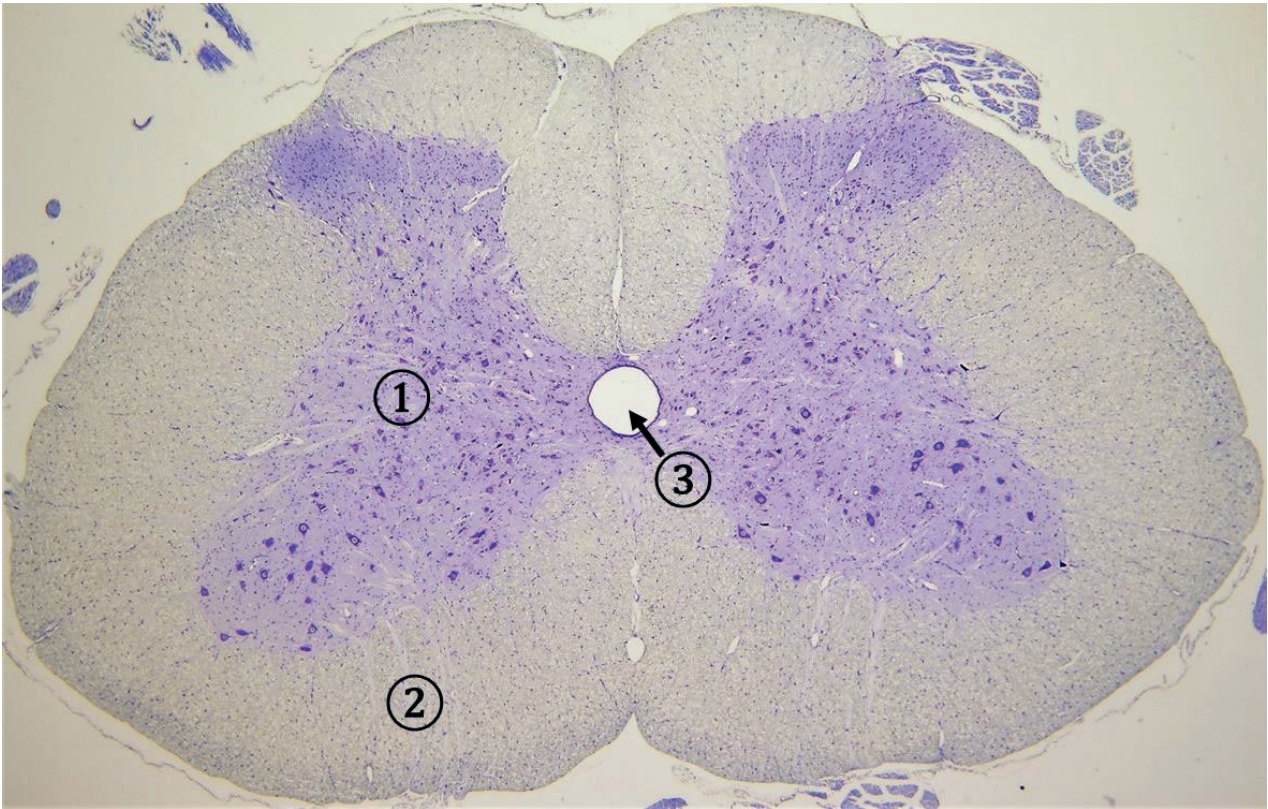
Bunky mikroglie sa v prípade poškodenia (napr. trauma, ischemia) mozgu alebo miechy aktivujú a migrujú do poškodenej oblasti. Aktivovaná mikroglia sa dokazuje na základe zvýšenej expzie špecifického markeru Iba-1 (ionised calcium-binding adaptor molecule 1). Iba-1 bol dokázaný imunohistochemicky a vizualizovaný (červená farba) pre fluorescenčný mikroskop. Jadrá buniek boli vizualizované pomocou DAPI (modrá farba).



Obr. 11.19 Ischemické ložisko v mieche. 1 - nahromadená aktivovaná mikroglia (Medulla spinalis, imunohistochemický dôkaz Iba-1).

11.5 Nervové tkanivo miechy – Nisslova metóda

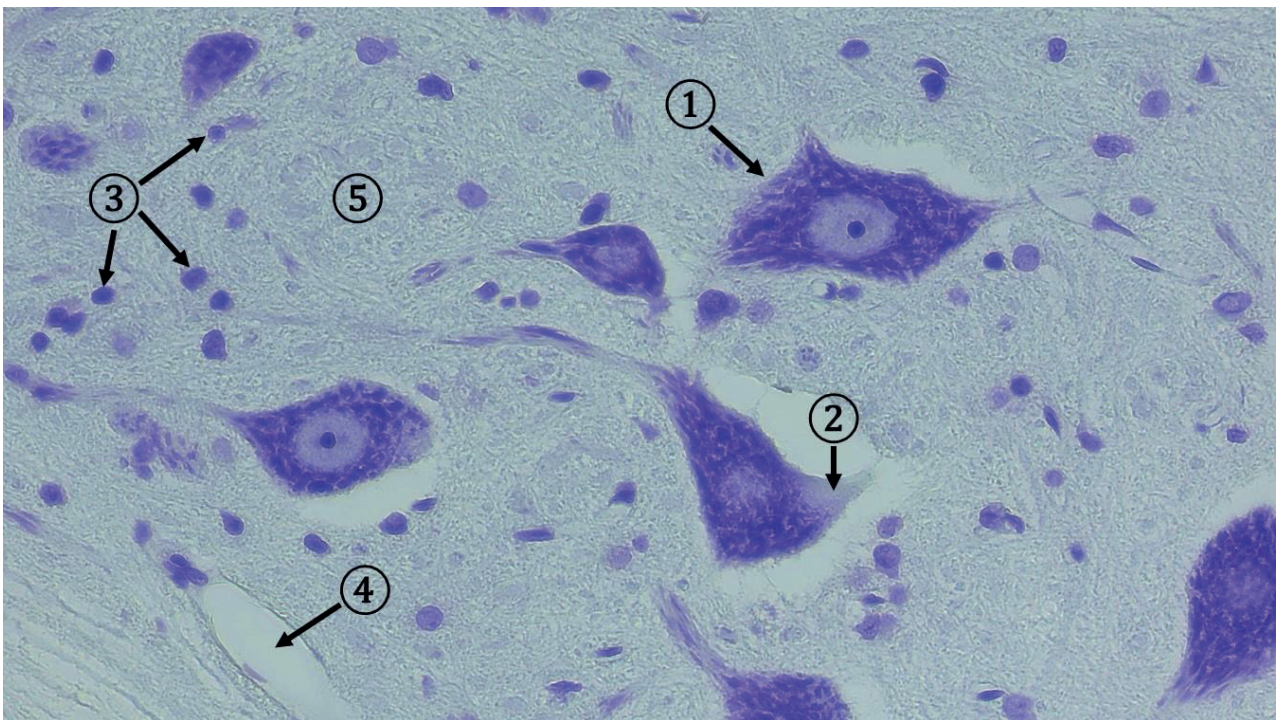
Miecha (*medulla spinalis*) je súčasťou centrálného nervového systému. Nervové tkanivo tvorí centrálne uloženú **sivú hmotu** (*substantia grisea*) a **povrchovú bielu hmotu** (*substantia alba*). Stredom miechy prebieha **centrálny kanál** (*canalis centralis*).



Obr. 11.20 Miecha - pričný rez. 1 - sivá hmota (tvar motýlich krídiel), 2 - biela hmota, 3 - centrálny kanál. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

11.5.1 Sivá hmota miechy

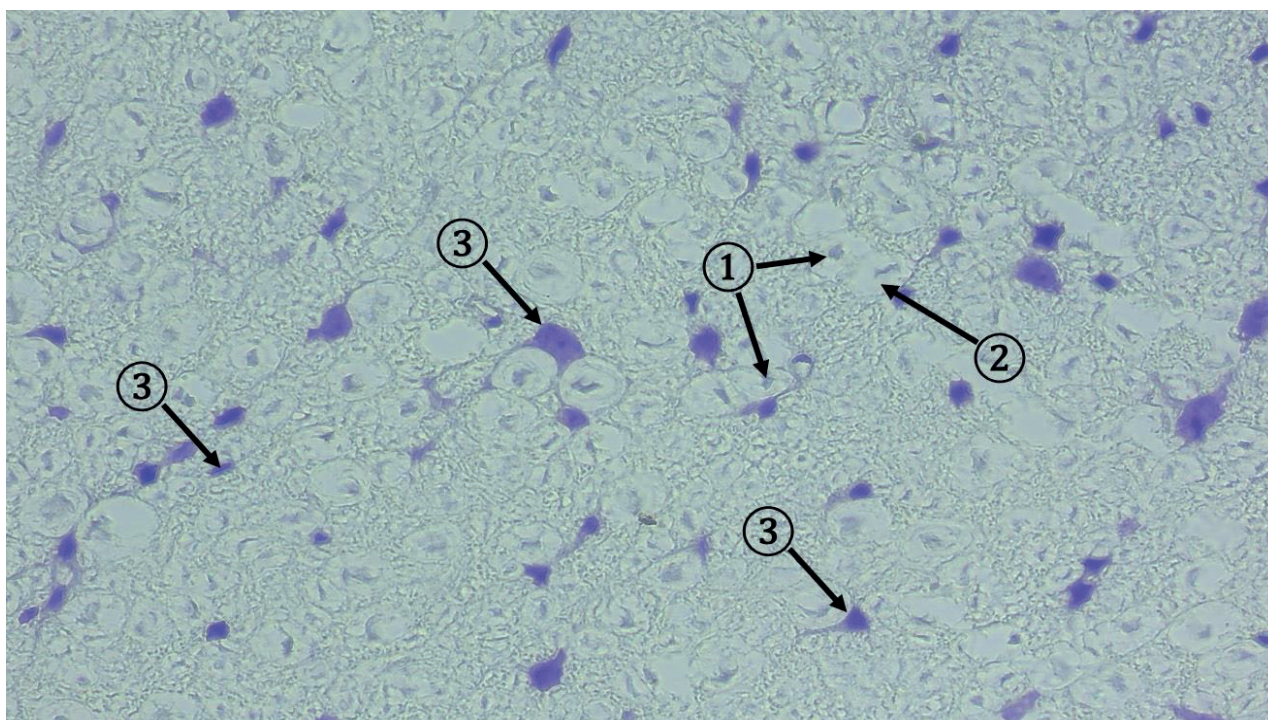
Sivá hmota je v mieche uložená centrálna a má tvar písmena „H,, alebo motýľích krídel. V svetelnom mikroskope sa sivá hmota znázorňuje tmavšie než biela hmota. Sivá hmota miechy je tvorená telami multipolárnych neurónov, gliovými bunkami (protoplazmatické astrocyty, oligodendrocyty a mikroglia) a neuropilom s krvnými cievami. Neuropil je tvorený výbežkami neurónov a gliových buniek. Pri detailom pozorovaní sú po Nisslovom farbení zreteľne viditeľné telá neurónov a najhrubšia časť ich výbežkov. Gliové bunky sú rozlíšiteľné len na základe ich jadier a malej časti cytoplazmy.



Obr. 11.21 Sivá hmota v predných rohoch miechy. 1 - multipolárny neurón, 2 - odstupový kužeľ axónu, 3 - jadrá gliových buniek, 4 - krvná kapilára, 5 – neuropil. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

11.5.2 Biela hmota miechy

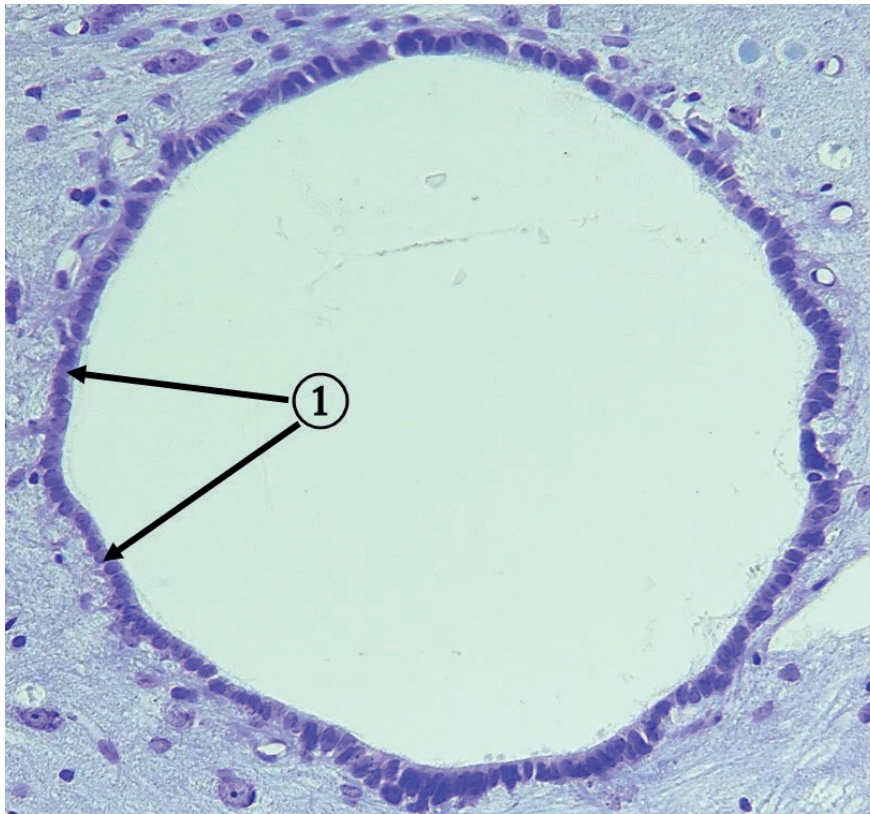
Biela hmota uložená na povrchu miechy je tvorená najmä myelinizovanými axónmi, medzi ktorými sú prítomné gliové bunky (fibrilárne astrocyty, oligodendrocyty a mikroglia). **Myelinizované axóny** sú viditeľné na priečnom priereze ako okrúhle až oválne útvary vyplnené axoplazmou a obklopené transparentnou oblasťou reprezentujúcou myelínovú pošvu. Myelín obsahuje komplex lipoproteínov, ktoré sa po bežnom histologickom spracovaní farebne neznázorňujú. Biela hmota je vaskularizovaná, pričom počet krvných ciev je nižší než v sivej hmote.



Obr. 11.22 Biela hmota miechy. 1 - priečny prierez axónmi, 2 - myelínová pošva, 3 - jadrá gliových buniek. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

11.5.3 Centrálny kanál

Centrálny kanál miechy je vystlaný jednou vrstvou kubických až nízkych cylindrických **ependýmových buniek**. Je vyplnený cerebrospínálnym mokom.



Obr. 11.23 Centrálny kanál miechy. 1 – ependým. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)



Obr. 11.24 Centrálny kanál miechy - detail. 1 - ependým, 2 - apikálne špecializácie, 3 - oválne jadro. (Medulla spinalis, farbenie: Nisslova metóda)

Literatúra

- ADAMKOV, M. *Introduction to Functional Histology*, Turany: Tlačiareň P+M, 2016.
- BELEJ, K., BELEJ jr., K. *Histologické medzinárodné názvoslovie*, Praha: Grada, 2014.
- KAPPELLER, K., STRAKELE, H. *Cytomorfológia*, Martin: Osveta, 1990.
- KIERNAN, J.A., RAJAKUMAR, N. *Barr's The Human Nervous System*, Wolters Kluwer, Lippincott Williams and Wilkins, 2014.
- KLIKA, E., DVOŘÁK M., KAPPELLER K., VACEK, Z. *Histológia*, Osveta, Martin, 1988.
- LÜLLMANN-RAUCH, R. *Histologie*, Praha: Grada, 2012.
- PAWLINA, W., ROSS, M., H. *Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology*. 8th Edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
- VAJNER, L., UHLÍK, J., KONRÁDOVÁ, V. *Lékařská histologie I.*, 2. vydanie, Praha: Karolinum, 2018.

Základy histológie I
Učebnica a mikroskopický atlas buniek a tkanív
Vysokoškolská učebnica

Autori: Doc. MVDr. Iveta Domoráková, PhD.
Doc. MVDr. Štefan Tóth, PhD.
MVDr. Zuzana Fagová, PhD.
RNDr. Kristína Čurgali, PhD.
MVDr. Viera Eliášová
MUDr. Alexandra Kunová
MVDr. Monika Holodová, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2023
Počet strán: 202
Rozsah: 22,5 AH
Vydanie: prvé



DOI: <https://doi.org/10.33542/ZH1-0226-8>
ISBN 978-80-574-0226-8 (e-publikácia)