

# Histologie zubu

doc. MUDr. Jitka Kočová, Csc.

## SKLOVINA, *Email (Enamelum)*

Sklovina je nejtvrďší tkáň lidského těla, obsahuje 95-98 % anorganických látek (především hydroxyapatitu), 0,5% tvoří organické složky a zbytek voda. Normálně pokrývá vrstva skloviny celou korunku, ale její tloušťka se v jednotlivých částech liší. Sklovina je nejsilnější na řezacích hranách a hrbolcích, kde dosahuje až 2,5 mm, na cervikálním okraji se ztenčuje. Tvrdost skloviny je rovněž větší na kousacích hranách a hrbolcích a klesá směrem ke krčku. Barva skloviny je bělavá až namodralá nebo nažloutlá. Tato barva je ovlivněna průsvitností skloviny: čím je sklovina průsvitnější, tím více prosvítá žlutavý dentin. Průsvitnost skloviny je zřejmě dána vysokým stupněm kalcifikace a homogenosti a závisí na tloušťce skloviny.

Sklovina se skládá z tzv. sklovinných **prizmat**, polygonálních 5-6 bokých hranolků. Prizmata mají na řezech tvar knoflíkové dírky, koňské podkovy nebo hranolu a velikost asi 5x9 μm. Prizmata nejsou ostře ohraničena a konvexní plocha jednoho hranolu zapadá do vyhloubení sousedního, což podmiňuje pevnost skloviny. Průběh hranolů od povrchu skloviny až k dentinu je velmi složitý a odpovídá v jednotlivých místech korunky funkčnímu zatížení při kousání a žvýkání. Sklovinná prizmata jsou k sobě vázána **interprizmatickou substancí**. Jak osklovinná prizmata, tak interprizmatická substance jsou tvořeny submikroskopickými krystalky hydroxyapatitu (fosforečnan vápenatý) délky asi 1600 nm a liší se jen orientací těchto krystalků. Organická matrix, která obaluje prizmata v tloušťce 0,1-0,2 mm není složena z kolagenních fibril, ale z heterogenních tříd proteinů, zvaných **amelogeniny** a **enamelin**. Tyto proteiny jsou v současné době intenzivně studovány. Prizmata jsou sestavena do svazků, která spirálovitě probíhají od hrbolků směrem k pulpě a mohou se vzájemně křížit. Na výbrusu se proto střídají podélně (parazonie), tak příčně (diazonie) zachycené prizmatické hranoly, které se zobrazují ve světle procházejícím výbrusem jako světlé a tmavé tzv. **Hunterovy-Schregerovy proužky**. Během počátečního stadia vývoje korunky se prizmata k sobě přikládají volněji, později pak těsněji. Důsledkem nárazové tvorby skloviny jsou tzv. **Retziusovy proužky**, které jsou kolmé k Hunterovým-Schregerovým prožkům. Širší méně mineralizovaný pruh mezi prenatalně a postnatalně vytvořenou sklovinou se nazývá **neonatální pruh** a je patrný u dočasných zubů a prvních stálých stoliček. V místech, kde Retziusovy proužky dosahují k povrchu skloviny, jsou jemné brázdičky (tzv. perikymatie), které se žvýkáním vyhlazují. **Nasmythova membrána** (cuticula dentis, cuticula enameli) je 0,2-2 μm silná blanka - nemineralizovaná organická vrstvička na povrchu skloviny. Nasmythova membrána po prořezávání částečně přetrvává v oblasti krčku zubů a pokrývá epitelové dno **gingiválního žlábků** (sulcus gingivae).

Do skloviny může zasahovat i zubovina formou méně mineralizovaných sklovinných bulbů, lamel nebo málo mineralizovaných sklovinných svazečků, které jsou možným místem vzniku kazu. Sklovinné bulby či vřeténka jsou až 100 μm dlouhé dentinové kanálky zasahující do skloviny. Jejich obsahem je organický materiál a výběžky odontoblastů. Sklovinné lamely jsou plošné výběžky složené z dentinové matrix, rozdělující sklovinu. Méně mineralizované svazečky sklovinných prizmat vytvářejí ve sklovině vláknité struktury a vyskytují se na hranici dentin-sklovina.

U dočasných zubů a asi 50% zubů stálých je povrch skloviny kryt vrstvou cca 30 μm, kam prizmata nezasahují. Tato vrstva více mineralizuje, proniká do ní fluor při fluoroterapii a je tvrdší než ostatní sklovina.

Na rozdíl od všech ostatních tvrdých tkání zubu i dřeně je sklovina ektodermového původu. Během vývoje je produkována vnitřními ameloblasty orgánu skloviny v procesu, který se nazývá

amelogeneza (amelogenesis). Orgán skloviny zaniká při prořezávání zubu, takže poškozená sklovina se nemůže znovu vytvořit.

## **ZUBOVINA, DENTIN (*Dentinum, substantia eburnea*)**

Dentin tvoří hlavní součást zubu. Je to pojivová tkáň tvrdší než kost, obsahuje 72 % anorganických látek, opět převážně hydroxyapatit a 28% organických látek. Dentin, jako ostatní pojivové tkáně, se skládá z buněk - odontoblastů a mezibuněčné hmoty, která je produktem těchto buněk a je tvořena složkou fibrilární a amorfní. Odontoblasty, které lemují vnitřní plochu dentinu, oddělují dentin od zubní pulpy. Výběžky odontoblastů se na rozdíl od osteocytů nerozvíjejí na všechny strany, ale každý odontoblast vybíhá do dentinu směrem k povrchu dlouhým výběžkem - **Tomesovým vláknem**. V blízkosti těla buněk mají tato vlákna v průměru 3-4 mikrometry, v dalším průběhu se ještě ztenčují.

Odontoblasty produkují kolagen, glykosaminoglykany a ostatní organické součásti mezibuněčné hmoty. Odontoblasty jsou štíhlé polarizované cylindrické buňky, které produkují organickou základní hmotu pouze na povrchu obráceném k dentinu. Jejich jádra jsou uložena při bázi, na apikální straně mají Tomesova vlákna, probíhající v tenkých **zubních kanálcích** (tubuli dentinales). Kanálky mají esovitý průběh a rozvětvují se až v blízkosti spojení dentinu se sklovinou nebo cementem. Prostor mezi Tomesovým vláknem a stěnou kanálku je vyplněn glykosaminoglykany. Úlohou odontoblastů je vytvářet dentin, představovat vnitřní strukturu dentinu v závislosti na funkci a účastnit se při regeneraci zuboviny. Odontoblasty v apikální části kořene postupně zanikají. Vláknitá složka mezibuněčné hmoty, kterou produkují odontoblasty, je tvořena kolagenními vlákny (kolagen typu I), v amorfní složce nacházíme proteoglykany obsahující chondroitinsulfát a keratansulfát.

Od kostní tkáně se dentin liší tím, že jeho buňky - **odontoblasty** neleží uvnitř dentinu v základní hmotě, ale jsou v dutině dřevové na vnitřním povrchu dentinu. Dentin existuje ve třech formách, jako **primární, sekundární** a **terciární** dentin. Na straně dřevové dutiny, nejbližší tělu odontoblastů, je úzký pás nemineralizovaného dentinu tzv. **predentin**. Mladší vrstva predentinu leží u těla odontoblastů, starší vrstva predentinu již hraničí s vrstvou mineralizace. Při povrchu dentinu, v blízkosti jeho hranice se sklovinou a cementem, jsou malé okrsky nemineralizovaného nebo jen částečně mineralizovaného dentinu, které jsou patrné na výbrusech jako dutinky. V zubovině kořene v blízkosti hranice dentinu s cementem tvoří tyto okrsky souvislou **zrnitou vrstvu Tomesovu** (granulární seu globulární), kde začíná mineralizace a pokračuje do predentinu tvorbou krystalků apatitu. V blízkosti dentino-sklovité hranice, v rozsahu korunky, jsou tyto nezávěsné okrsky větší a označují se jako **interglobulární lakuny Czermakovy**. Dentin, vzniklý do ukončení vývoje zevního tvaru zubu, nazýváme **primární** dentin.

**Dentin druhotný** (sekundární) se tvoří po celý život podél Tomesových vláken jako tzv. dentin cirkumpulární, plášťový a interdentin. Nejbližší sklovině je tzv. **plášťový dentin**, obsahující svazečky kolagenních alfa-vláken (tzv. Korffova vlákna). **Cirkumpulární dentin** obklopuje úsek výběžků odontoblastů vzdálenější od jejich těla, vytváří se nárazovitě a střídavě usazování metachromatických látek podmiňuje optické efekty tzv. **Ebnerovy pruhy**, podobné pruhům Retziusovým. Intertubulární, interglobulární a peritubulární dentin jsou vrstvy mající různý obsah vápníku. Intertubulární dentin je bohatý kolagenními vlákny, dentin peritubulární je bohatý na vápenné krystalky.

Při odvápnění dentinu vzniká mezi vnitřní plochou dentinového kanálku a povrchem Tomesova vlákna mezera tzv. Neumannova pochva. Prostor může sloužit k šíření patologických procesů v zubovině. Při některých metabolických poruchách jsou Ebnerovy pruhy tak výrazné, že jsou viditelné i makroskopicky pouhým okem a pak mohou být označovány jako pruhy Owenovy.

V dentinu všech zubů se nalézá **neonatální** neboli **porodní pruh**, který je důsledkem d

voutýdenního přerušení mineralizace dentinu i sklovinné substance v době po narození. Novotvorba dentinu po prořezání zubu může být potencována vznikajícím kazem nebo tlakovým opakovaným traumatem. Tento **terciární dentin** vzniká účelově v místech vystavených traumatu a chronickému dráždění a je také označován jako reaktivní, náhradní, obranný, atypický. Obsahuje více krystalků apatitu než dentin sekundární, má nepravidelnou, atypickou strukturu a podílí se na postupném zužování a zmenšování dřeňové dutiny.

**Při preparaci dřeňové dutiny musí být odstraněny odontoblasty, včetně odstupujících částí Tomesových vláken, obklopených predentinem a peritubulárním dentinem.** Tak se omezí pronikání infekce z poškozené dřeně do zuboviny. Hluboký kaz pronikající k zubovině může otevřít dentinový kanálek a přerušit konec Tomesova vlákna, které odumře. Protože konec vlákna v blízkosti skloviny je bohatě větven, zvyšuje se možnost průniku infekce z hlubokého kazu podél vlákna do dřeně. Dentin zůstává po zničení odontoblastů ještě dlouho funkční. Tvorba dentinu se nazývá dentinogeneza (dentinogenesis).

### **ZUBNÍ CEMENT (*cementum, substantia ossea*)**

Cement je tkáň kryjící krček a kořen zubu, která se podobá strukturou kosti. Morfologicky rozlišujeme 2 typy cementu: **Cement acelulární** (non cellulare, fibrilární, primární) a **cement celulární** (buněčný, sekundární). Oba typy jsou uloženy ve vrstvách. Jako první vrstva se ukládá acelulární cement, který obvykle kryje od krčku směrem k apexu 2/3 kořene zubu a může chybět v dolní třetině na apexu. Na acelulární cement navazuje v poslední třetině kořene celulární cement, kterého směrem k apexu přibývá. Acelulární cement je tenká vrstva mineralizované matrix cementu, do které se upínají kolagenní vlákna závěsného aparátu a ozubice (periodontia). Buněčný cement se objevuje na povrchu kořene v důsledku stárnutí a místech vystavených zatížení nebo traumatu. Celulární cement se skládá z lamel, ve kterých jsou lakuny obsahující **cementocyty**. Cementocyty jsou hvězdicovité buňky podobné osteocytům, ale mají méně kratších výběžků. Výběžky cementocytů jsou uloženy v kanálcích (canaliculi cementi). Tyto kanálky sa stáčí směrem k periodontální membráně, odkud je cement vyživován. Některé kanálky cementu se napojují na kanálky dentinu. Do cementu vstupují silná **Sharpeyova vlákna** - tj. svazky kolagenních vláken závěsného aparátu zubu, která zub zakotvují do kosti zubního alveolu. Hranice mezi cementem a sklovinou je individuálně vytvořená. Asi v 60% cement překrývá na krátkou vzdálenost sklovinu, někdy obě tkáně hraničí tam, kde se ztenčené okraje skloviny a cementu navzájem stýkají. V malém množství případů zůstává na rozhraní na krčku malé pásmo nezakrytého dentinu! Hranice mezi cementem a dentinem je obvykle hladká, jen někdy je mezi oběma tkáněmi tzv. intermediální vrstva, ve které se dentin a cement prostupují.

Ukládání cementu na povrch kořene je nejen během vývoje zubu, ale pokračuje pomalu po celý život, zejména v místech vystavených nadměrnému zatížení nebo traumatu. V obou typech cementu jsou patrné inkrementální linie, které svědčí o periodicitě tvorby cementu. Cement pochází z ektomesenchymu, je produkován cementoblasty a tento proces se nazývá cementogeneza (cementogenesis).

### **DŘEŇ ZUBNÍ (*pulpa dentis*)**

Pulpa vyplňuje dřeňovou dutinu korunky (pulpa coronalis) a kořenový kanálek zubu (pulpa radicularis). Dřeň obsahuje řídké vazivo, bohatě vaskularizované a inervované, vzniklé z ektomesenchymu zubní papily. K buňkám dřeně patří fibroblasty vřetenitého tvaru, tzv. bipolární pulpocyty, nediferencované mezenchymové buňky podél krevních cév, retikulární buňky a buňky plasmatické. Mezi buňkami jsou tenké kolagenní fibrily, které přibývají s věkem. Fibroblasty produkují vláknitou a amorfní základní hmotu. Amorfní hmota je metachromaticky barvitelná, váže vodu a u dětí je jí tolik, že dřeň je typem rosolovitého vaziva, zatímco v dospělosti dochází k fibrotizaci této hmoty a k úbytku dřeně.

Věkem dochází ke změnám kvantity i kvality dřene:

- k úbytku dřene při zmenšování dreňové dutiny tvorbou sekundárního a terciárního dentinu
- ke změně struktury z původně rosolovitého vaziva při fibrotizaci vodnaté amorfni hmoty přibýváním kolagenních vláken
- k ubývání cév i buněk

Na pulpě lze rozeznat několik částí. Na rozhraní pulpy a dentinu je uložena epiteloidní vrstva odontoblastů (mikrofoto), jejíž výběžky probíhají v kanálcích dentinu. Pod vrstvou odontoblastů je vrstvička dřene s minimálním množstvím buněk - **bazální vrstva Weilova**. Pod Weilovou vrstvou je tzv. silně buněčná vrstva se vřetenitými buňkami, které jsou štíhlými výběžky v kontaktu s odontoblasty i mezi sebou navzájem a které pravděpodobně produkují argyrofilní Korffova vlákna. Weilova vrstva i buněčná vrstva tvoří tzv. subodontoblastovou vrstvu dřene. Subodontoblastová zóna je velmi bohatá na nervová vlákna, která zde tvoří **plexus Raschkowi**, z něhož odbočují terminální vlákna a ta probíhají spolu s výběžky odontoblastů v dentinových kanálcích.

Pulpa zubní je velmi bohatě vaskularizovaná. Tenkostěnné tři arterioly vstupují skrze apikální otvor (foramen apicis dentis) do pulpy, běží paralelně v dlouhé ose zubu, vydávají četné větve a bohatě navzájem anastomozují. K tomuto hlavnímu cévnímu zásobení se přidávají i cévy, které prorážejí do kořenového kanálku přes dentin z periodontia. Bohatý kapilární plexus je vytvořen v subodontoblastické zóně a kličky kapilár tohoto plexu zasahují mezi odontoblasty až k vrstvě predentinu. Kapilární plexus je drenován tenkostěnnými venulami, které se spojují v několik drobných žil, dříve než opustí kořenový kanálek apikálním otvorem. Diskutovanou otázkou je lymfatická drenáž pulpy. Lymfatické štěrby a cévy lze pozorovat na kvalitních histologických řezech v okolí krevních cév, zejména v případě zánětů pulpy. Při zánětech nacházíme i zvýšené množství volných buněk, zvláště histiocytů přeměněných na makrofágy, lymfocytů a plasmatických buněk.

Nervová vlákna pulpy jsou dvojího typu. Jsou to jednak nemyelinizovaná autonomní vlákna považovaná za vlákna vazomotorická, jednak myelinizovaná vlákna, představující senzitivní složku. V poslední době se uvažuje o významu nemyelinizovaných vláken v pulpě v procesu vnímání bolesti. Nervová vlákna se v pulpě bohatě větví a v subodontoblastové zóně tvoří plexus Raschkowi, jehož vlákna zakončují na odontoblastech. Popisuje se i vstup nervových vláken do predentinu a dokonce dentinu cestou dentinových kanálků, ve kterých tato vlákna provázejí výběžky odontoblastů. V pulpě se vyskytují pouze volná nervová zakončení, citlivá na bolest. Tvorbou sekundárního nebo terciárního dentinu se dřeň zmenšuje a ubývá v ní i cév a buněk. Odumření dřene obvykle probíhá nepravidelně, a proto zůstává zbytková citlivost v různých částech zubu. Dřeň proniká vazivovými výběžky mezi odontoblasty vystýlající stěnu dreňové dutiny na vzdálenost nepřevyšující tloušťku několika těchto buněk. Při patologických procesech ve dřeni se ve výběžcích zachycují zánětlivé a odumírající produkty a nejspolehlivěji je lze odstranit broušením. Při mechanickém čištění kořenového kanálku tedy vždy dochází k jeho rozšíření.