

Pojiva oporná

Do této skupiny patří pojiva s polotuhou až pevnou konzistencí mezibuněčné hmoty, tedy **chrupavky, kosti a zuby**. Chrupavka je tkáň pružná ale pevná, s tuhou mezibuněčnou hmotou, na povrchu hladká. Fixní buňky jsou **chondroblasty a chondrocyty**, vlákna jsou kolagenní (kolagen II typu a elastická). Chrupavky jsou bezcévné, výživa se děje difúzí z **perichondria**, což je husté vláknité pojivo s fibroblasty. Jelikož možnosti průniku živin difúzí jsou omezené, vyskytuje se chrupavka vždy pouze v relativně malých plochých útvarech např. na kloubních plochách, v prstencích chrupavky apod.

Chondroblasty jsou oválného vzhledu s mnoha drobnými výběžky, které zvětšují povrch buněk a umožňují tím buňce získat difúzí z okolní mezibuněčné hmoty dostatek živin. Po diferenciaci na chondrocyty těchto výběžků ubývá. Chondrocyty dovedou získávat energii cestou anaerobní glykolýzy v podmínkách nedostatku kyslíku. Místo, kde jsou v tkáni umístěny, se nazývá lakuna. Dospělé chondrocyty obvykle po rozdělení setrvávají v tzv. **izogenetických skupinách**, které mohou být obklopeny malým množstvím tmavěji zbarvené mezibuněčné hmoty. Tato bazofilní mezibuněčná hmota v bezprostředním okolí buněk se označuje jako **bazofilní pouzdro** a má na rozdíl od ostatní mezibuněčné hmoty menší obsah kolagenu. Izogenetické skupiny mohou být koncentricky nebo řetízkově uspořádané. Řetízkové uspořádání vzniká při růstu tkáně preferenčně v jednom směru (epifýzo-diafyzární ploténky) nebo při působení jednostranného tlaku na chrupavku (vazivová chrupavka v meziobratlových ploténkách).

Růst chrupavky se uskutečňuje buď apozičním způsobem, kdy dochází k diferenciaci fibroblastů z perichondria na chondroblasty a později chondrocyty. Chrupavka takto přibývá na povrchu. Druhou možností je intersticiální růst, kdy hmota přibývá dělením a tvorbou mezibuněčné matrix uvnitř chrupavky. Tento způsob se uplatňuje hlavně v kloubních chrupavkách, které nejsou opatřeny perichondriem.

Chrupavky se vyskytují ve třech základních typech a to: **hyalinní (sklovitá), elastická a vazivová**. U malých hlodavců se můžeme setkat ještě s tzv. parenchymatickou chrupavkou, která je jednodušší struktury, má malý obsah mezibuněčné hmoty, v jejích buňkách se vyskytuje kapénka, která má obsah o vyšším buněčném turgoru. Tím jsou zajišťovány mechanické vlastnosti, tedy pevnost a pružnost. Morfologicky připomíná buněčné pojivo *chordy dorsalis*.

Hyalinní chrupavka se vyskytuje v živočišném těle např. na kloubních plochách, v chrupavkových prstencích průdušnice, na většině chrupavek hrtanu, na spojení žeber se sternem. Její mezibuněčná hmota má v preparátech vzhled homogenní průsvitné substance. Kolagenní fibrily, které jsou v ní přítomny, nejsou patrné díky stejnému indexu lomu jako má okolní hmota. Časté jsou izogenetické skupiny, které dávají této tkáni v mikroskopu nezaměnitelný vzhled. Elastická chrupavka se morfologicky liší pouze obsahem elastických vláken v mezibuněčné hmotě a můžeme se s ní setkat např. v ušních boltcích větších živočichů nebo v epiglottis (hrtanové příklopce). Vazivová chrupavka je typická velkým množstvím vláken, které tvoří hlavní komponentu. Vyskytuje se typicky v meziobratlových ploténkách v části *anulus fibrosus*, která obklopuje polotuhé jádro *nucleus pulposus*. Tato chrupavka je přechodným typem tkáně mezi chrupavkou a hustým vláknitým pojivem, ve které může na určitých místech v organismu plynule přecházet.

Kostní tkáň je typická mineralizací mezibuněčné hmoty, přičemž obsah anorganické složky je okolo 50%. Nesmíme ale zapomínat, že druhých 50 procent tvoří organické komponenty – buňky a mezibuněčná hmota jako v ostatních pojivech. Typy kostní tkáně jsou dva základní: **primární - vláknitá (fibrilární) a sekundární lamelární kost**. Fibrilární kost je vývojově jednodušší, vyskytuje se jako stálý typ kosti u nižších obratlovců a jako přechodný typ při osifikaci a reparačních procesech u vyšších obratlovců. Lamelární typ vzniká jako sekundární po přestavbě vláknité kosti. Strukturním základem lamelární kosti je lamela tvořená spleť kolagenních fibril a obalena organickou mezibuněčnou hmotou, ve které se ukládá anorganická komponenta. Po chemické stránce se jedná o hydratovaný fosforečnan vápenatý - hydroxyapatit. Podle způsobu, jakým jsou lamely uspořádány, **rozdělujeme kost na trámčitou (spongiózní neboli houbovitou) a kompaktní**. V trámčité kosti jsou lamely uspořádány paralelně vedle sebe a větší množství takto uspořádaných lamel vytváří trámce. Prostorová síť trámců má velkou odolnost proti působení tlaku z různých stran, proto tento typ kosti nacházíme v kloubních hlavících, kde je na povrchu pouze tenká vrstvička kompakty a zbytek kloubní hlavice tvoří trámčitá kost. V prostorech mezi trámci je kostní dřeň. Kompaktní kost se nachází v středových částech dlouhých kostí – tzv. diafýzách a dále na povrchu plochých kostí a kloubních hlavíc. Má lamely uspořádány do koncentrických systémů – Haversových systémů neboli osteonů, které si můžeme představit jako válce složené z několika kruhových vrstev lamel. Mezi osteony jsou prostory vyplněny malým množstvím paralelně uspořádaných lamel tzv. intersticiálních a na vnějším a vnitřním obvodu kompakty se také nachází určité množství paralelně uspořádaných lamel. Nazývají se vnější a vnitřní plášťové lamely. Středem každého osteonu prochází kanálek vyplněný řídkým vláknitým pojivem s cévami a nervovými vlákny.

Kolmo na tyto Haversovy kanálky probíhají kanálky Volkmannovy, které takto jednotlivé osteony propojují. Fixní buňky kostní tkáně jsou osteoblasty a osteocyty, které se podobně jako u chrupavky nacházejí v tzv. lakunách a vzájemně spolu komunikují pomocí výběžků. V kostní tkáni se však ještě vyskytuje jeden typ buněk – osteoklasty. Analogicky se v chrupavkové tkáni popisují chondroklasty. Tento typ buněk, ve starší literatuře také označovaný jako kostní makrofágy, patří k monocyto-makrofágové řadě, má větší počet jader (až 50) a enzymatickou výbavu, která umožňuje rozklad kostní tkáně, resp. zvápenatělé chrupavky. V kostech se tyto buňky účastní remodelačních procesů při přestavbách kosti a v chrupavkách jsou součástí zóny eroze při osifikaci. Na povrchu kosti se nachází husté vláknité pojivo – okostice (periost), které je Sharpeyovými vlákny upevněno do kosti. Analogicky je výstelka i v dřevných dutinách dlouhých kostí, tato ale nemá charakter hustého pojiva, ale spíše plochého dlaždicového epitelu s určitým podílem vaziva. Uvnitř dřevných dutin se nachází kostní dřev, tvořená velkým množstvím prekursorů krevních buněk v různých etapách diferenciaci a tukovými buňkami. Kostní hmota vzniká procesem osifikace, který může být buď desmogenní nebo chondrogenní. Při desmogenní osifikaci se kost tvoří přímo z vaziva, konkrétně z embryonálního mezenchymu jako všechna ostatní pojiva. Jako příklad můžeme uvést ploché kosti lebky. Osteoblasty se zde diferencují přímo z mesenchymálních buněk.

Chondrogenní osifikace je tvorba kosti z chrupavky, která se v tomto případě z mesenchymu vytvořila jako první. Po narození lze tento proces sledovat při růstu dlouhých kostí do délky, kdy v tzv. epifýzodiazofyzární ploténce dochází k přeměně chrupavky na kost a zároveň růstu díky dělení chrupavkových buněk. V ploténce se rozlišují směrem od kloubní hlavičky tedy od epifýzy k diafýze tyto zóny:

1. Klidová zóna – je zde normální hyalinní chrupavka
2. Proliferační zóna – zde se chondrocyty dělí a tvoří charakteristické řetízkové izogenetické skupiny
3. Zóna hypertrofie chondrocytů a kalcifikace mezibuněčné matrix i zbytků chondrocytů – v důsledku nedostatečné výživy a signálů z okolních buněk dochází k uvedeným, ve své podstatě degenerativním změnám, zde jsou ale přirozenou součástí fyziologického procesu.
4. Zóna eroze – v tomto místě působí chondroklasty. Které pomocí svých enzymů rozkládají zvápenatělou chrupavkovou hmotu. Právě zvápenatění je pro ně signálem k zahájení činnosti, normální chrupavku nerozkládají. Do vzniklých dutin ve zvápenatělé chrupavce potom migrují z periostu tzv. osteoprogenitorové buňky. To je typ buněk „zadaných“ pro diferenciaci do osteoblastů a později osteocytů.

5. Zóna novotvořené kosti (osifikační) - osteoprogenitory po svém usazení na stěnách dutin a po diferenciaci v osteoblasty začínají produkovat mezibuněčnou hmotu kostního typu, která posléze mineralizuje. Jako první se v tomto procesu tvoří primární kost vláknitá, později dochází k její remodelaci a přestavbě za účasti osteoklastů. Vzniká tak definitivní lamelární kompaktní kost.

I takováto definitivní kost ale podléhá různým změnám a přestavbám podle potřeb organismu. Kostní tkáň reaguje na aktuální stav minerálů v organismu, hlavně vápníku a fosforu. Vlivem hormonů kalcitoninu ze štítné žlázy a parathormonu z příštítných tělísek může docházet k většímu ukládání, respektive odčerpávání těchto minerálů z kostí. Na změny mechanické zátěže např. při změnách biomechaniky pohybu po úrazech nebo při zvýšení sportovní zátěže, ale na druhé straně také u ležících pacientů dovedou kosti reagovat až překvapivými tvarovými změnami. Podobně si remodelaci kosti můžeme představit při používání zubních rovnátek, kdy vlastně působením tlaku na zub dochází na jedné straně k rozrušování kostní hmoty před posouváním zubem a za ním se kost opět znovu tvoří, aby uchycení zubu v kostním lůžku bylo stále stejně pevné.

Zub je další mineralizovaná tkáň. Dentin neboli zubovina je tvořen buňkami odontoblasty, které se nacházejí po obvodu dřevové dutiny. Odontoblasty jsou původem z mesenchymu. Tyto buňky mají dlouhé výběžky, podél nichž dochází k ukládání dentinu a jeho mineralizaci. Místa, kde tyto výběžky jsou, zůstávají v dentinu patrné jako tenké proužky kolmé na dřevovou dutinu a nazývají se Tomesova vlákna. Menší část dentinu bezprostředně okolo dřevové dutiny mívá v preparátech světlejší barvu a je méně mineralizovaná, nazývá se predentin. Dřeň neboli pulpa je tvořena u vyvíjejícího se zubu rosolovitým pojivem, později řídkým vláknitým, a spolu s pojivem je zde cévní zásobení a nervová vlákna. Obojí vstupuje do vnitřní části zubu otvorem v kořeni zubu. Sklovina pokrývá dentin na volné části zubu, která vystupuje z dásně a je to nejtvrdší hmota v těle. Je tvořena prakticky jen hydroxyapatitem a ten je uspořádán to tzv, prizmat – hranolů velkých asi 5 μm . Vzájemná poloha prizmat a jejich orientace v prostoru udává sklovině unikátní mechanické vlastnosti. Celková vrstva skloviny na zubech u člověka je maximálně okolo 2 mm. Zdrojem skloviny během vývoje zubu v dásni jsou buňky ameloblasty, které jsou ektodermového epitelového původu a je zajímavé, že sklovinu produkují na své bazální straně. Po prořezání zubu již v místě žádné ameloblasty nejsou a vytvořená sklovina je už mineralizovaná.

