

# Mechanické charakteristiky kostních spojů

**Mechanické charakteristiky kostních spojů** představují vlastnosti pohybů v kostních spojkách. Kosti v těle jsou navzájem spojeny od pevných až po velmi pohyblivé spoje. Spojení kostí můžeme dělit podle druhu pojivové tkáně, která se na stavbě spoje podílí. Vlastnosti pohybových spojů (rozsah pohybu, pružnost a pevnost) nejsou během života stálé a mění se, hlavně v závislosti na věku.

## Typy spojení podle druhu tkáně

### Vazivové spojení

Vazivové spojení se vyskytuje v podobě **švu** (lebeční kosti), **syndesmózy** (kosti bérce na distálním konci, ale i ligamenta) a **vklinění** (kořen zubu a čelisti). Jde o téměř nepohyblivý spoj tvořený vazivem s převahou kolagenních či elastických vláken. Dovoluje pouze drobné vzájemné pohyby dotýkajících se kostí.

### Chrupavčité spojení

Chrupavčité spojení je pevné, ale pružné spojení pomocí dvou typů chrupavek, hyalinní a vazivové. **Synchondróza** je spojení hyalinní chrupavkou, najdeme ho například u hrudních kostí. **Symfýza** je spojení vazivovou chrupavkou a najdeme ji například u srůstu stydkých kostí.

### Kostěné spojení

Kostěné spojení je dvojího druhu. **Synostózy** jsou pevné spoje dvou kostí, vzniklé na základě vaziva či chrupavky. Příkladem je křížová kost, kde najdeme srůst obratlů, které byly původně spojeny chrupavkou. Pokud jsou kosti jen ve vzájemném kontaktu a pouzdro je na obvodu styku kostí, mluvíme o **kloubu** (articulatio). Je to pohyblivé spojení. Příkladem je kloub loketní či kloub kolenní.



Kolenní kloub  
(pohled zepředu)

## Kloub

### Úvod

Kloub je pohyblivé spojení dvou a více kostí, oddělených štěrbinou (kloubní dutina). Kontaktní plocha kostí je kryta chrupavkou, přilehlé konce kostí kryty pouzdem. Při analýze pohybu rozlišujeme konvexní kloubní hlavice a konkávní či ploché kloubní jamky. O druhu a rozsahu pohybu v kloubu rozhoduje velikost, tvar a poměr hlavice a jamky, vazivový aparát kloubu a svaly uložené v okolí kloubu. Tvar kloubních štěrbin je pro každý kloub typický, jejich odchylky viditelné na artrografii a CT vedou k diagnostice onemocnění.

### Stavba synoviálního kloubu

#### Kloubní chrupavka

Kloubní Chrupavka na kontaktní ploše kostí je hyalinního typu. Kopíruje tvar kostí, je pružná a nerovnoměrně silná – od 0,5 do 6 mm v poli svého maximálního zatížení či v oblasti, kde si artikulující kosti výrazně neodpovídají tvarem. Chrupavka má tři vrstvy podle orientace vláken. Vrchní vrstva probíhá paralelně s povrchem chrupavky, střední vrstva má vlákna běžící křížem a spodní vrstva má vlákna zakotvená do kompakty. Vazivová vlákna chrupavky odpovídají jejímu zatížení, většina jich jde kolmo k ose pohybu. Hluboká vrstva chrupavky je méně pružná a tvoří přechodnou vrstvu mezi kostí a chrupavkou. Spongiózní trámce kostí v kloubu také prostorově odpovídají zatížení kloubu – viz Mechanické charakteristiky kostí. Toto uspořádání zajišťuje odolnost vůči tlaku a tzv. střížným silám.

Chrupavka se při zatížení pružně deformuje. Chování chrupavky při deformaci je určováno stupněm její nasycenosti synoviální tekutinou. Chrupavka je porézní materiál s asi 6 nm velkými otvory, kterými je vtlačována či vytlačována synoviální tekutina. Proteoglykanové molekuly amorfnní mezibuněčné hmoty jsou schopny vázat obrovské množství vody, při zátěži je synoviální tekutina vytlačena do kloubní dutiny a hustota mezibuněčné hmoty roste. Při

odlehčení je naopak tekutina nasávána osmotickými silami proteoglykanů zpět. Pružnost chrupavek není u všech kloubů stejná a závisí i na věku. Obecně lze říci, že čím vyšší chrupavka je, tím je pružnější. I nezatížená chrupavka je vystavena stálému tlaku 6–8 kg/cm<sup>2</sup> díky klidovému svalovému tonusu. U starších lidí dochází k úbytku chondroitin-sulfátu a kyseliny hyaluronové a tím pádem ke ztrátě viskozity mezibuněčné hmoty chrupavky – ta už není tolik schopna vázat vodu. Snižuje svou tloušťku a vazivová vlákna povrchových vrstev se začínají obnažovat, což vede k onemocnění arthrosis deformans.

Kloubní chrupavka nemá krevní a mízní cévy ani nervy, výživu zajišťuje synoviální tekutina. Pokud chrupavka není zatěžována např. při imobilizaci kloubu, nedochází k jejímu vyživení a chondrocyty se rozpadají. Látková výměna chondrocytů je velmi nízká, díky tomu se chrupavka dlouho a špatně hojí, někdy nelze zahojit vůbec. Výživa z cév okrajového perichondria, periostu a synoviální tekutiny nestačí.

### Kloubní pouzdro

Kloubní pouzdro spojuje po obvodu styčné plochy artikulujících kostí. Některé klouby provádějí extrémní pohyb, aby byl umožněn, pouzdro může být od kloubů poměrně daleko a být volné. Pouzdra jsou pomocí mm. articulares napínána aby nedošlo k jejich uskřínutí pohybujícími se kostmi. Vnější membrána pouzdra se nazývá fibrózní membrána a je převážně z kolagenního vaziva a zajišťuje stabilitu a pohyblivost kloubů. Místa může být zpevněna kapsulárními vazy, extrakapsulárními vazy a začátky nebo úpony svalů. V místech komunikace s burzami a v místech příchodu cév a nervů je membrána naopak zeslabená. Vazy lze díky kolagenním vláknům fyziologicky prodloužit o 4–6 % a tím zvýšit rozsah pohybu v kloubu. Stavba fibrózní membrány se u různých kloubů liší.

Vnitřní plocha kloubu je vystlána synoviální membránou, která se však neupíná na chrupavku, kloubní disky a menisky. Upíná se na kost v těsné blízkosti chrupavky, může přesahovat lehce na její povrch. Od fibrózní membrány je oddělena posunlivým vazivem a množstvím tukových buněk. Může vybíhat v řasy, klky, tukové polštáře a dutinu oddělující přepážky. Synoviální membrána je tvořena synovialocyty, plochými až kubickými buňkami s mikrokly, které umožňují transport látek. Vrstva synovialocytů však není souvislá, někdy prosvítá i hlubší kolagenní vrstva. Buňky tvoří hyaluronovou kyselinu, která je součástí synoviální tekutiny. Rozlišujeme dva typy synovialocytů: synovialocyty A typu, fagocytující buňky plnící ochrannou funkci, a synovialocyty B typu, které produkují kolagenní, elastická vlákna kloubního pouzdra a amorfní mezibuněčnou hmotu. Přes synoviální membránu mohou být transportovány látky tvořené malými molekulami, proto můžeme do kloubní dutiny podávat některá léčiva.

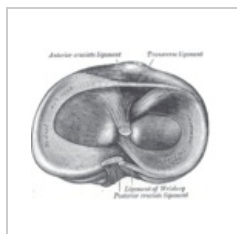
### Synoviální tekutina

Synoviální tekutina je složena z filtrátu plazmy, kyseliny hyaluronové a buněk (bílých krvinek či fagocytujících buněk). Množství tekutiny v kloubech není stálé, může být 2–4 ml. Synoviální tekutina zabezpečuje v kloubu výživu, zvyšuje a udržuje pružnost chrupavek a snižuje tření ploch. Kyselina hyaluronová tvoří trojrozměrné prostorové síť, které omezují pohyb ostatních látek a tvoří tenkou vrstvu oddělující třecí plochy chrupavek, ty se tím méně opotřebovávají.

### Disky a menisky, lem

Disky a menisky jsou chrupavčité destičky vložené mezi konce kostí. Nejsou přítomny ve všech kloubních spojeních. Diskus je plná destička, rozděluje štěrbinu na dva prostory, meniskus je srpovitého tvaru, na okrajích je vysoký a ke středu se snižuje. Oba útvary jsou z vazivové chrupavky. Jejich funkcí je vyrovnávání nespolečných zakřivených kloubních ploch, svým pohybem zvyšují pohybové možnosti kloubu, při zatížení se pružně deformují a tím absorbují část energie při zatížení a zlepšují proudění synoviální tekutiny, aby nedocházelo k jejím turbulencím a tím špatnému vyživování kloubu.

**Labrum articulare** neboli **chrupavčitý lem** zvětšuje plochu jamky kostního kloubu a tím zvyšuje stabilitu kloubu. Lem najdeme například u ramenního či kyčelního kloubu, kde je hlavice nepoměrně větší než jamka a snadno by docházelo k luxacím.



Menisky (pohled shora)

### Pohyby v kloubu

V kloubní štěrbině je stabilně udržován podtlak, aby se kloubní plochy dotýkaly. Pohyby v kloubech se dají rozdělit na pohyby úhlové a translační. Úhlový pohyb je takový pohyb, při kterém všechny body pohybujícího se útvaru opisují kruhové oblouky se středem na ose otáčení. Je typický pro klouby končetin. Translační pohyb je takový pohyb, při kterém body pohybujícího se útvaru opisují stejnou dráhu, dalo by se to přirovnat ke klouzání, typickému pro ploché klouby. Kinematika kloubů obvykle zahrnuje kombinaci obou těchto pohybů. Pohyby můžeme vztáhnout

na systém tří na sebe kolmých os – osa X frontální, osa Y horizontální, osa Z mediální. Kolem osy X se tedy děje abdukce a addukce, kolem osy Y flexe a extenze a kolem osy Z vnitřní a zevní rotace. Žádný kloub však není svým tvarem geometricky ideální, stejně tak jako jeho pohyb. Jakákoliv pohybová aktivita většinou zatěžuje více kloubních spojení najednou. Také mezi funkcí svalů a kloubů je velmi úzký vztah, kloub sám o sobě je pasivní, svaly jsou aktivní. Dojde-li však k funkční poruše kloubu, dojde také k odezvě ve svalech.

## Typy kloubů podle spojení

1. **Jednoduché klouby**
  - V kloubním spojení se stýkají pouze dvě kosti – např. falangové skloubení.
2. **Složené klouby**
  - V kloubním spojení se stýká více než dvě kosti (loketní kloub) nebo kloub obsahuje disky a menisky (kolenní kloub).

## Typy kloubů podle tvaru

1. **Kulovitý kloub**
  - Hlavice a jamka tvoří povrch koule, pohyb je možný podle tří vzájemně kolmých os – flexe, extenze, abdukce, addukce, rotace a cirkumdukce. Příkladem je ramenní kloub.
2. **Elipsovitý kloub**
  - Hlavice a jamka tvoří útvar podobný rotačnímu elipsoidu, pohyb je možný podél dvou os – flexe, extenze, úklony, lateroflexe. Příkladem je spojení týlní kosti a atlasu.
3. **Sedlovitý kloub**
  - Jamka připomíná koňské sedlo a hlavice odpovídá posazení jezdce. Pohyb je možný podle dvou na sebe kolmých os – flexe, extenze, abdukce, addukce a rotace. Příkladem ke karpometakarpové spojení.
4. **Válcovitý kloub**
  - Válcovitý kloub je dvojího typu. Buď má kloubní plochy, které jsou součástí povrchu válce a pohyb se děje podle osy, která je kolmá na osu kosti – je možná extenze a flexe. Toto najdeme u falangového skloubení. Druhou variantou je kolový kloub, jehož hlavice je částí válce a pohyb jde podél osy kosti – je možná rotace. Příkladem je spojení ulny a radia.
5. **Kladkový kloub**
  - Jamka má vytvořenou vodící hranu, kterou zasahuje do rýhy hlavice kloubu. Pohyb je tedy možný jen podél jedné osy – flexe a extenze, artikulující kosti se nemohou posunout do stran. Příkladem je humero-ulnární skloubení.
6. **Plochý kloub**
  - Plochý kloub má obě kloubní plochy téměř rovné, nemluvíme tedy o hlavici a jamce. Většinou není možný téměř žádný posun, pokud ano, jedná se o klouzavý pohyb podél tří os. Plochým kloubem se rozumí například spojení klíční kosti a lopatky.
7. **Tuhý kloub**
  - Jde o klouby se značně omezenou pohyblivostí. Styčné povrchy jsou nerovné nebo chrupavka svým tvarem pohyb blokuje. Toto najdeme například u křížokyčelního skloubení.

## Správné vyšetření kloubu

Důležitý je pohybový vzorec každého kloubu – jeho fyziologický směr a rozsah pohybu. Omezení pohybu může být buď intraartikulární nebo extraartikulární. Kromě pohybů se kloub může ještě posunovat, hovoříme o kloubní vůli. Posuvy jsou závislé a dané tvarem kloubních ploch. Tento pohyb nemůžeme sami provést, ale je základem pro všechny ostatní pohyby. Pokud je vůle v jakémkoliv směru zmenšena, dochází k omezení hybnosti. Každý kloub má své střední neboli neutrální postavení, ve kterém jsou vazy a pouzdro maximálně uvolněny, napětí svalových skupin je v rovnováze. Do tohoto postavení kloub fixujeme při podezření na poškození. Pokud chceme změřit rozsah jednotlivých kloubů, používáme goniometrické metody. Standardní metodou je metoda **SFTR** (sagittal/frontal/transversal/rotation).

## Použitá literatura

- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1 (dotisk 2013) vydání. Praha : Grada Publishing, 2005. 524 s. ISBN 978-80-247-1152-2.
- ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie 1*. 3. vydání. Praha : Grada, 2011. 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.
- DOKLÁDAL, Milan a Libor PÁČ. *Anatomie člověka : [Díl] 1, Pohybový systém*. 1. vydání. Brno : Masarykova univerzita, 1991. ISBN 80-210-0292-1.
- GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA. *Základy anatomie : Obecná anatomie a pohybový systém*. 1. vydání. Praha : Galén, 2001. 159 s. ISBN 80-7262-111-4.