



Obecná kineziologie axiálního systému

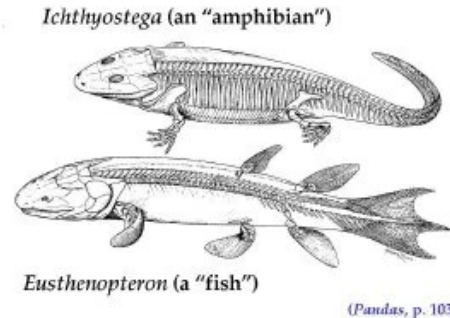
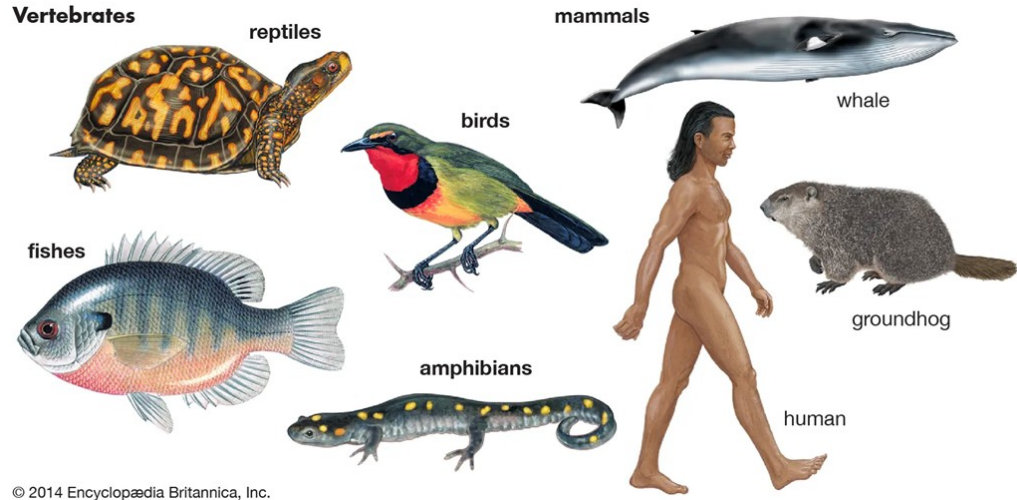
bp1197 Klinická kineziologie III

Mgr. Zuzana Kršáková

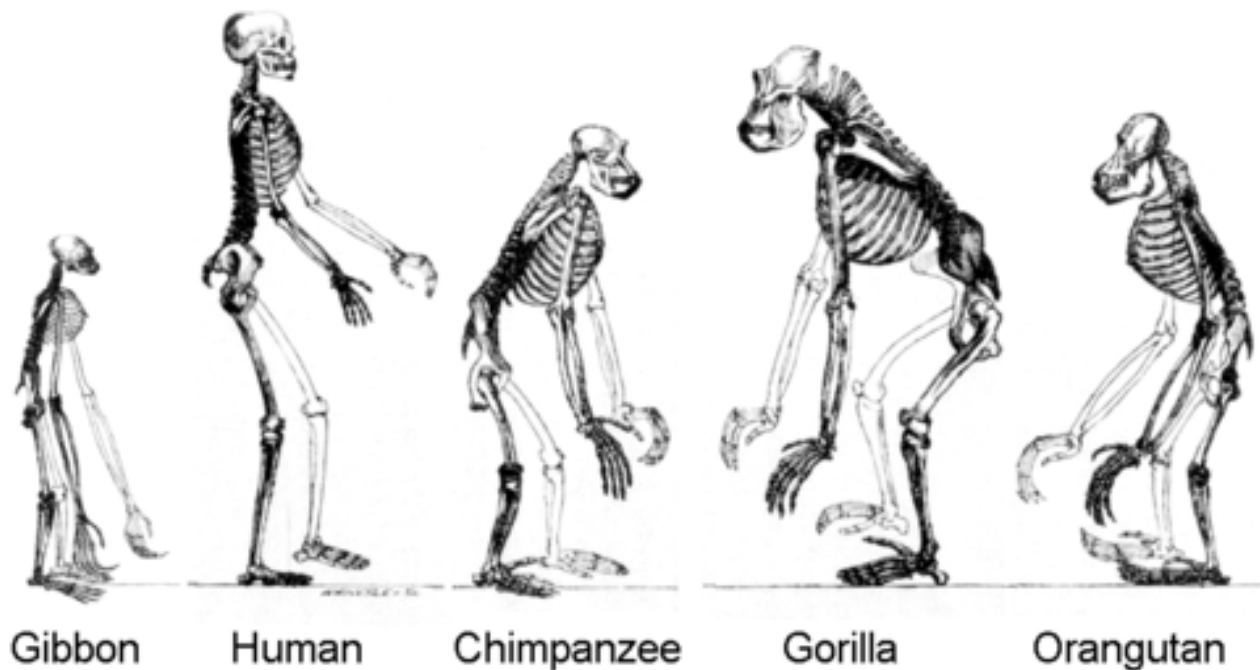


Všeobecný přehled

- Výsledek transformace
- Ztráta ocasu
- Přejchod z kvadrupedální lokomoce na bipedální
- subphylum Vertebrata, crossopterygiáni
- Podobnost hominidům (přechodně bipedální)

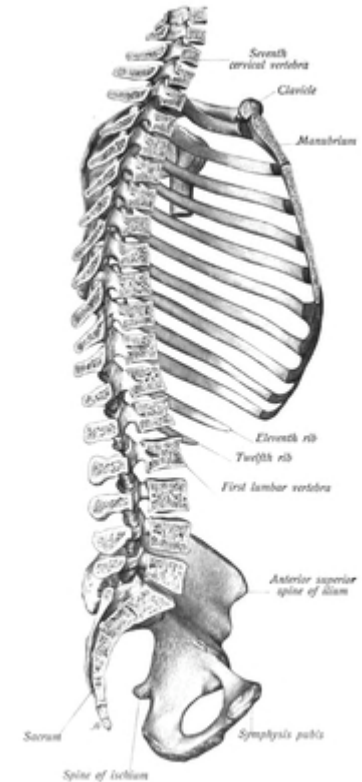


Všeobecný přehled



Funkce axiálního systému

- Ochrana nervových struktur
- Opěrná funkce
- Určení směru a rozsahu pohybu
- Proprioceptivní funkce



Funkce axiálního systému

- Páteř plní dvě vzájemně protichůdné funkce - zabezpečuje stabilitu, ale zároveň i mobilitu těla.
- Při symetrickém stoji je napětí rovnoměrně rozloženo podél vertikální osy/linie páteře, která má rovný tvar.
- Při asymetrickém stoji (např. stoj na 1 noze), je pánev nakloněna na kontralaterální stranu (křivka bederní je konvexní, hrudní konkávní a krční konvexní na stranu švihové nohy).



Spiral Line



Arm Line



Superficial Front Line



Deep Front Line



Lateral Line



Superficial Back Line

TEORIE SVALOVÝCH ŘETĚZCŮ

- Kabat byl pravděpodobně první, kdo zdůraznil význam řetězců u tréninku oslabených svalů- mozek zná jen průběh pohybu ne jednotlivé svaly
- Thomas W.Myers – anatomy train- myofasciální meridiány
 - dominuje kontinuita- meridiány- linie fascií táhnou jedním směrem
 - POVRCHOVÁ ZÁDOVÁ FASCIE
 - plantární fascie-m.triceps surae-ischiokrurální svaly-
lig.sacrotuberale- mm.erector spinae- mm.suboccipitales-galea
aponeurotica

- POVRCHOVÁ FRONTÁLNÍ LINIE
- lig. infrapatellaris a m.quadriceps-m. rectus abdominis-
m.sternalis-m.pectoralis major- SCM
- LATERÁLNÍ LINIE
- chodidlo a m.peroneus- ITB- TFL-m.gluteus maximus-
mm.obliquii- m.quadratus lumborum- interkostální svaly-
m.splenius-SCM

- SPIRÁLNÍ LINIE
- m.splenius capitis- mm.rhomboideus a m.serratus anterior druhé strany-mm.obliquii-m.tensor fascuae latae a ITB-m.tibialis anterior-m.peroneus longus-m.biceps femoris-lig sacrotuberale
- LINIE PAŽÍ, FUNKČNÍ LINIE,
- HLUBOKÁ FRONTÁLNÍ LINIE
- chodidlo-dorsální muskulatura- m.iliopsoas

Véle

- ZKŘÍŽENÉ DLOUHÉ ŘETĚZCE TRUPU-
- **zadní strana**
- Humerus jedné strany – m. latissimus dorsi - fascia thoracolumbalis – páteř - crista iliaca (druhé strany) - fascia glutea - m. gluteus maximus - fascia lata - m. tensor fasciae latae - koleno druhé strany
- **přední strana**
- Humerus jedné strany - m. pectoralis major – fascie přední plochy hrudníku – (přes pochvu přímých břišních svalů na druhou stranu) - mm. obliqui abdominis - ligamentum inguinale - fascie stehenní - fascia lata - m. tensor fasciae latae - koleno druhé strany

- ŘETĚZEC SPOJUJÍCÍ NOHU S HRUDNÍKEM
- Os cuneiforme I – m. peroneus longus – tibia – fascia cruris – m. biceps femoris + m. adductor longus – m. obliquus abdominis internus – m. obliquus abdominis externus (druhé strany) – hrudní

PATOLOGICKÉ ŘETĚZENÍ

synergisté (svaly, které se navzájem zesilují nebo doplňují při jejich stahu) mohou být přetěžováni a může v nich dojít ke vzniku TrP, když substituují za klíčový sval, který má v sobě TrP

Podle Lewita při poruchách hlubokého stabilizačního systému (příčemž hluboký stabilizační systém v oblasti trupu je podle tohoto autora tvořen krátkými mm. multifidi, a ventrálně stěnami břišní dutiny: bránicí, hlubokými břišními svaly, pánevním dnem) musí dlouhé svaly přebírat stabilizační funkce tím, že zvyšují své napětí, nejčastěji ve formě TrP, a tím omezují pohyblivost bloádou (Lewit, Lepšíková, 2008)

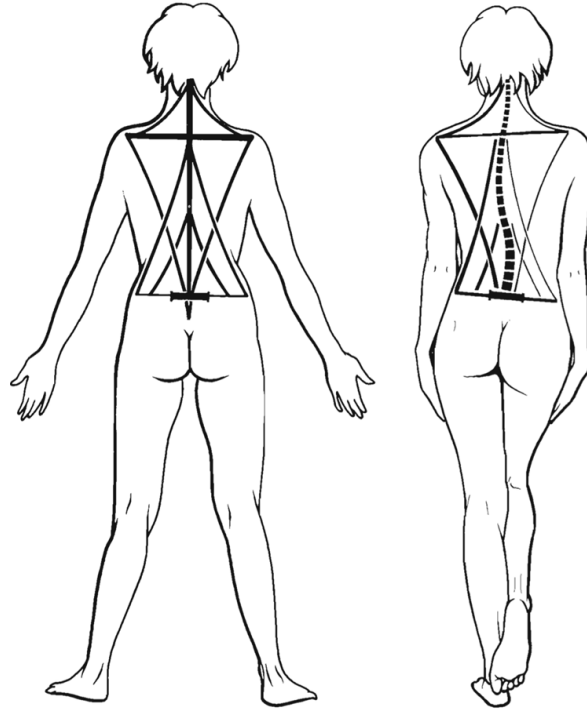
Fyziologického dechového stereotypu se účastní bránice a mezižební svaly bez zapojení pomocných dýchacích svalů. Často se vyskytuje dechový stereotyp, při kterém dochází k aktivaci pomocných dýchacích svalů. Činnost těchto svalů musí být stabilizována jinými svaly (např. subokcipitálními). Dochází tak k aktivaci svalů, které nemají s dýcháním žádnou mechanickou souvislost. Díky tomu, že aktivita těchto svalů je prakticky trvalá, jsou neúčelně zatíženy měkké struktury a klouby (Kolář et al., 2009).

Patologické řetězení na základě reciproční inhibice a koaktivace antagonistického svalstva

EBM-svalové řetězce

Ve studii provedené Vleemingem et al. na 10 balzamovaných subjektech byl sledován vliv trakce svalstva (m. latissimus dorsi, m. biceps femoris, m. serratus posterior superior, m. trapezius pars inferior, m. obliquus abdominis externus a internus, m. gluteus medius) na thorakolumbální fascii. Trakce byla provedena silou 50 N upravenými lékařskými kleštěmi. Tah byl veden ve směru vláken svalu. Například trakce vyvinutá na kaudální část m. latissimus dorsi vyvolala v oblasti mezi skloubeními čtvrtého a pátého bederního a prvního a druhého sakrálního obratle posun v oblasti kontralaterálního povrchového listu thorakolumbální fascie o 4-7 cm.

Funkce axiálního systému



1

2

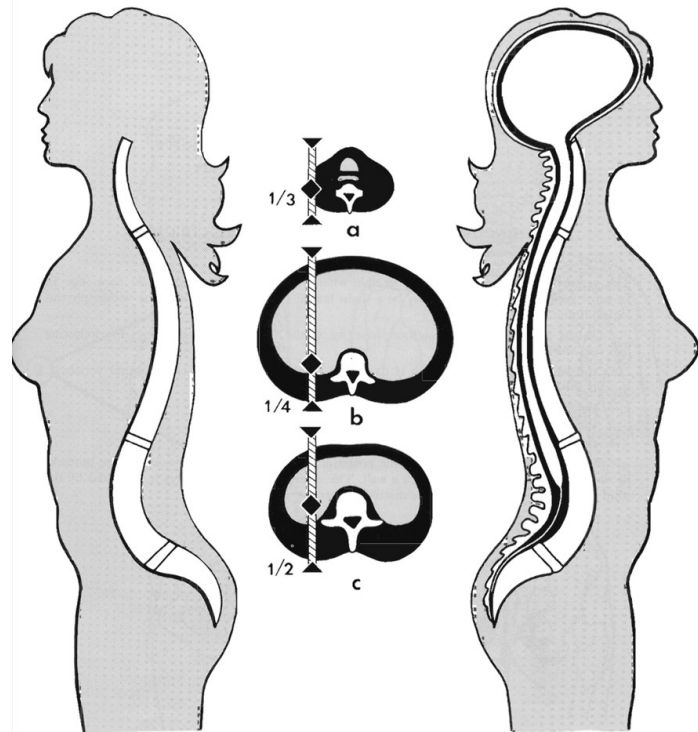
Funkce axiálního systému

- Během asymetrického stoje (Trendelenburgův stoj), se svalstvo axiálního skeletu automaticky **adaptuje** tak, aby byla zabezpečena stabilita/rovnováha celého těla.
- Tato adaptace probíhá pod vedením **spinálních reflexů** a neustálého aktivního “přenastavování” systému pod kontrolou **extrapyramidového systému**.
- Tvar páteře je tedy proměnlivý, přičemž si ale páteř udržuje svojí pevnost.

Orientace částí AS

- Páteř tvoří centrální pilíř trupu.
- Oblast krční páteře je uložena **centrálně** (zhruba $\frac{1}{3}$ v hloubce krku), z důvodu nutnosti uložení co nejbližší těžišti).
- Oblast hrudní páteře směřuje **posteriozně** (zhruba $\frac{1}{4}$ v hloubce hrudníku, orgány mediastina - srdce).
- Oblast bederní páteře, která musí “držet” váhu horní části trupu, je uložena centrálně a přesahuje do břišní dutiny.
- Oblast křížová je formována sloučením 5 sakrálních obratlů.
- Oblast kostrče artikuluje se sakrem a je pozůstatkem ocasu. Je formována sloučením 4-6 kostrčových obratlů.

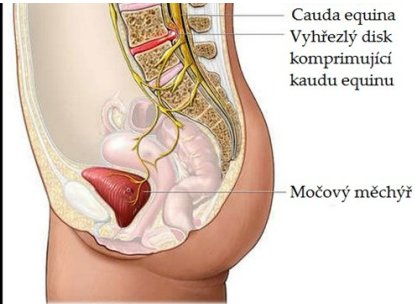
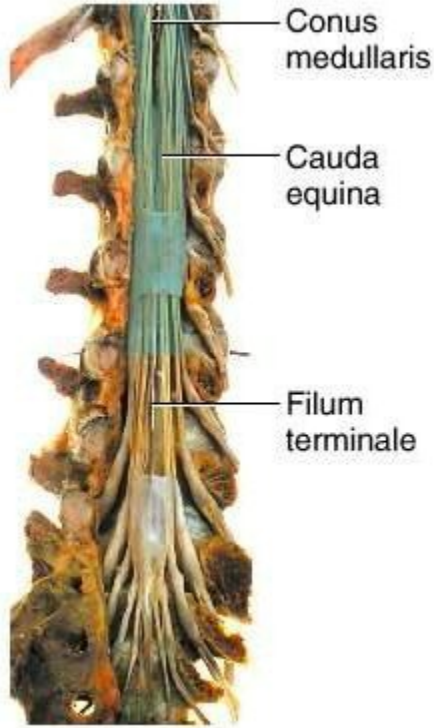
Orientace částí AS



Ochránce “Neuraxis”

- Pátevní kanál začíná ve foramen magnum.
- Pod L2 obratlem se nachází tzv. **conus medullaris** - koncová část míchy.
- Mícha je v koncových částech orientována některými vlákny diagonálně - **cauda equina** (nervové kořeny distální části míchy, uspořádané v durálním vaku do tvaru koňského ocasu).
- Pia mater obklopující míchu formuje tzv. **filum terminale**, které propojuje conus medullaris s kostrčí a tím zabezpečuje stabilizaci celé míchy.

Ochránce “Neuraxis”



Syndrom kaudy equiny

- 1 - Conus medullaris
- 2 - Filum terminale
- 3 - Cauda equina



Zakřivení páteře

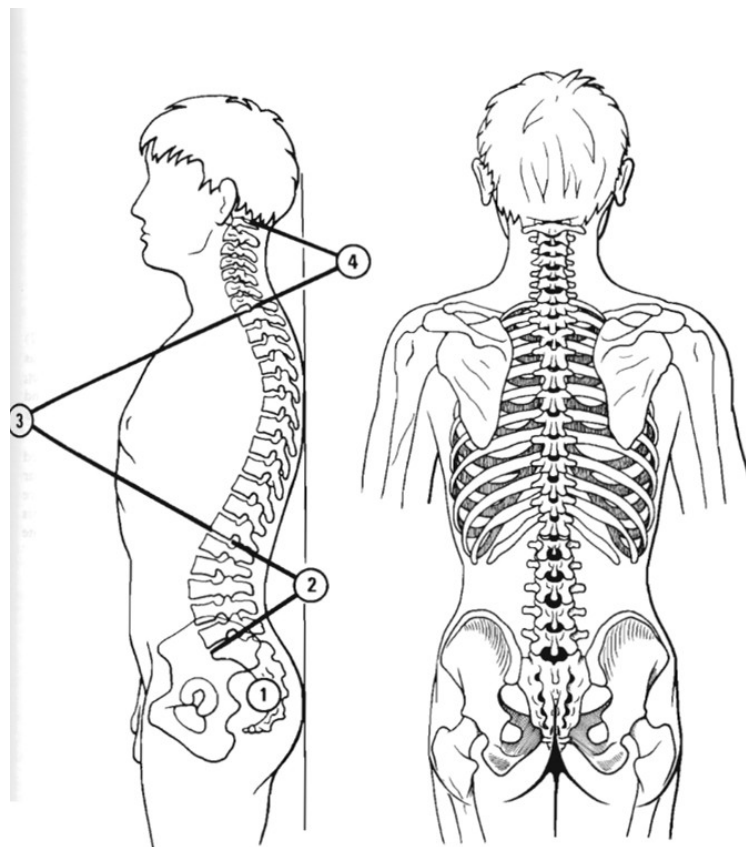
F rovina

- Horizontální a paralelní postavení linie ramen a fossy os sacrum).

S rovina:

- Sakrální křivka je A konkávní
- Bederní křivka je P konkávní
- Hrudní křivka A konkávní
- Krční křivka P konkávní (přímoúměrně stupni hrudní kyfózy)

Zakřivení páteře



Sagitální zakřivení v ontogenezi

- “Ontogeneze rekapituluje fylogenezi”.
- https://www.youtube.com/watch?v=sJw0hhi78Yw&ab_channel=Corporis

Figure 7

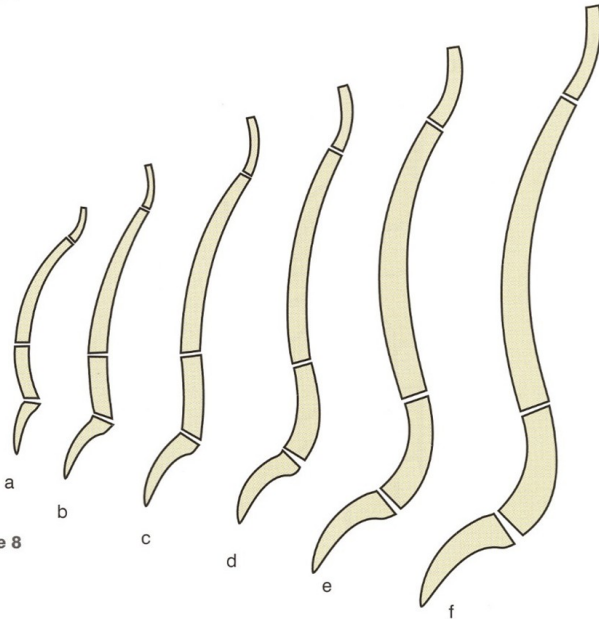
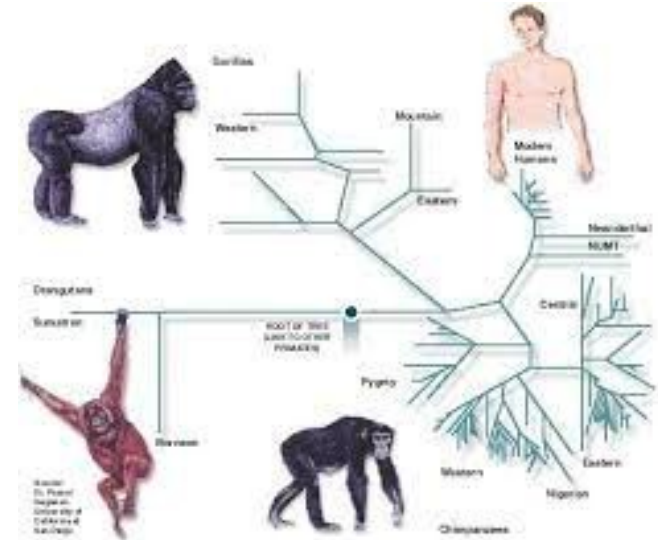


Figure 8

- A. 0 dní
- B. 5 měsíců
- C. 13 měsíců
- D. 3 roky
- E. 8 roků
- F. 10 roků



Opěrná funkce obratlů

- Cylindrické tělo, oblouk, processi articulares, processus spinosus

Processi articulares rozdělují vertikálně oblouk obratle na:

- A - pedikly
- P - laminae

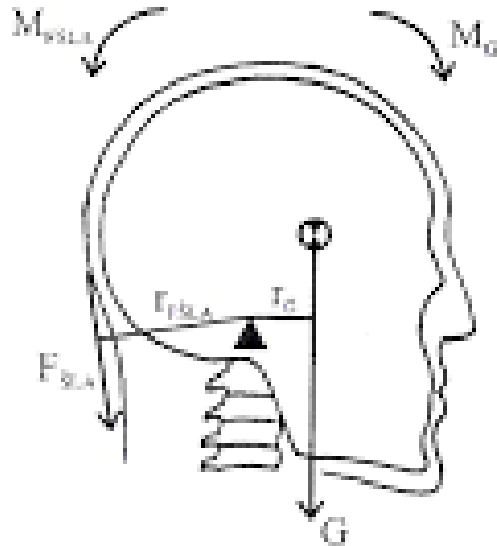
V sagitální rovině všechny tyto části na sebe anatomicky navazují. Celá páteř je tedy tvořena 3 sloupci:

- **(A) Primární sloupec** tvořený z obratlů uložených na sobě navzájem (propojení intervertebrální disky).
- **(B,C) Menší, sekundární sloupce** orientovaných posteriorně a tvořených z processu articulares uložených na sobě navzájem (propojení synoviálními klouby).
- Mezi těmito sloupci se nachází spinální kanál, který je chráněn jak kostními, tak fibrózními strukturami mezi obratly (intervertebrální disky a ligamenta).

Mechanická funkce segmentárních komponent

- Přední pilíř zajišťuje stabilitu, zadní pilíř mobilitu páteře.
- Kostní a ligamentózní struktury se střídají a formují tak **pasivní segment** (tělo obratle) a **aktivní segment** (intervertebrální disk, foramen intervertebrale, facetové klouby, ligamentum flavum a interspinózní ligamenta).
- Mobilita aktivního segmentu odpovídá za pohyby celé páteře.
- Funkčním spojením mezi A a P pilíře jsou pedikly.
- **Páka 1. druhu (dvojzvratná páka rovnováhy)** - axiální kompresní síly jsou tlumeny pasivně a přímo intervertebrálními disky, aktivně a nepřímo paravertebrálními svaly.

Mechanická funkce segmentárních komponent



$F_{S_{L.A}}$ – šlachová síla šíjového svalstva

G – tíhová síla hlavy

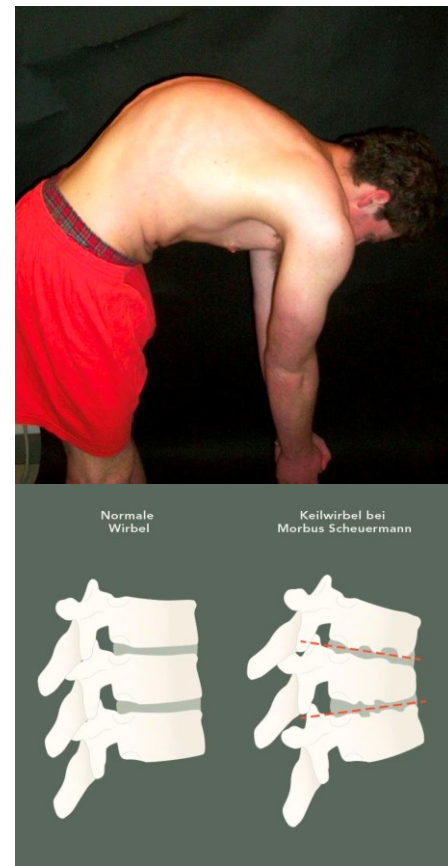
$r_{F_{S_{L.A}}}$, r_G – ramena působících sil

$M_{F_{S_{L.A}}}$, M_G – momenty působících sil

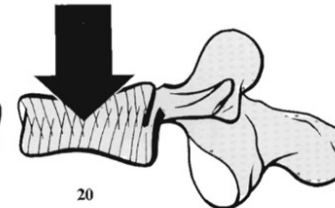
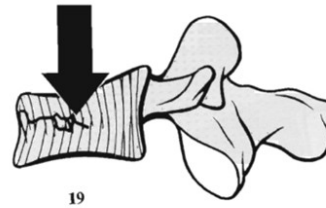
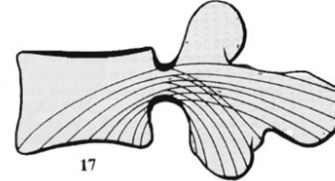
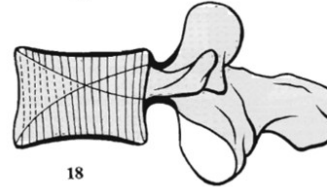
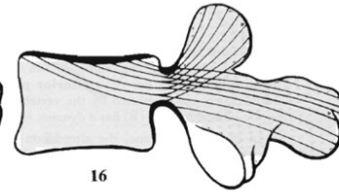
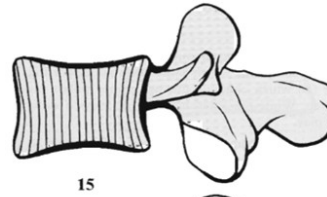
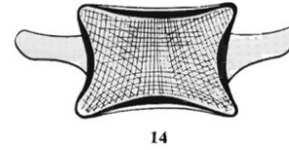
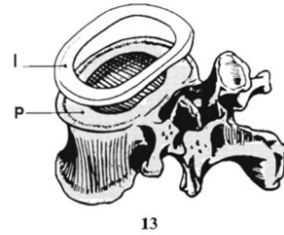
Obr. 84 Příklad dvojzvrtné páky (I. druhu)

Anizotropie

- Tělo obratle je tvořeno hustou kostní hmotou “*cortexem*” obalujícím spongiózní medullu (dřeň).
- Superiorní a inferiorní části (intervertebrální a diskální) tvoří *vertebrální plató (plateau)* a centrálně obsahují chrupavčitou ploténku.
- Okraj těla obratle tvoří jakési ztluštění - okraj (z epifyzární ploténky) - kolem 14.-15. roku života splyne s diskálním povrchem.
- Abnormální osifikace tohoto chrupavčitého okraje (genetická porucha enchondrální osifikace), vede k rozvoji onemocnění *Morbus Scheuermann*.

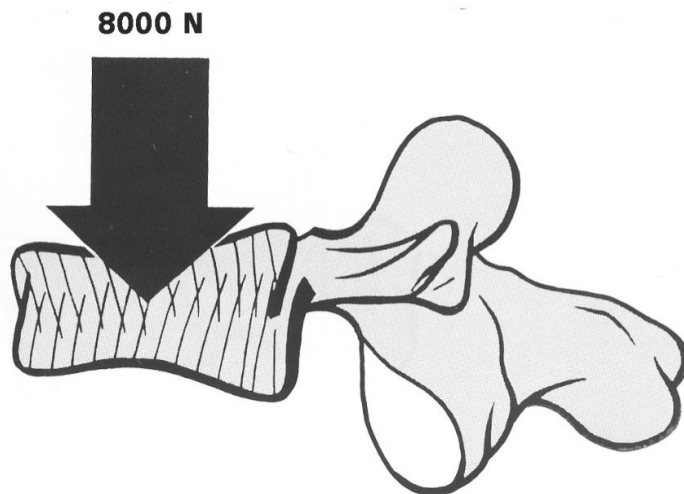
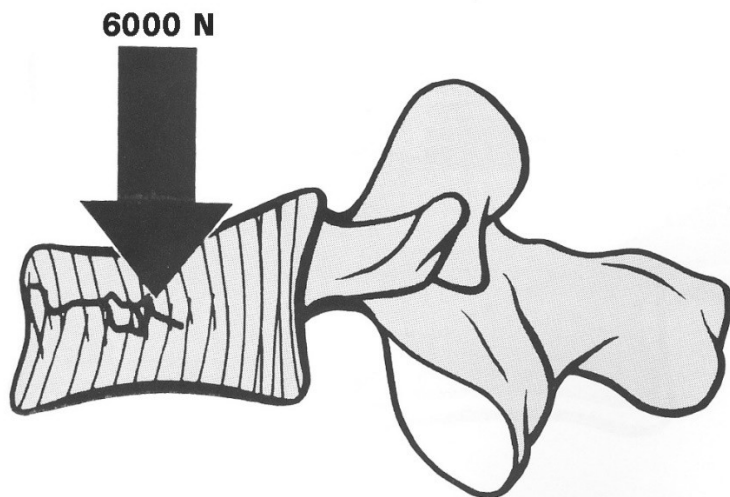


Anizotropie



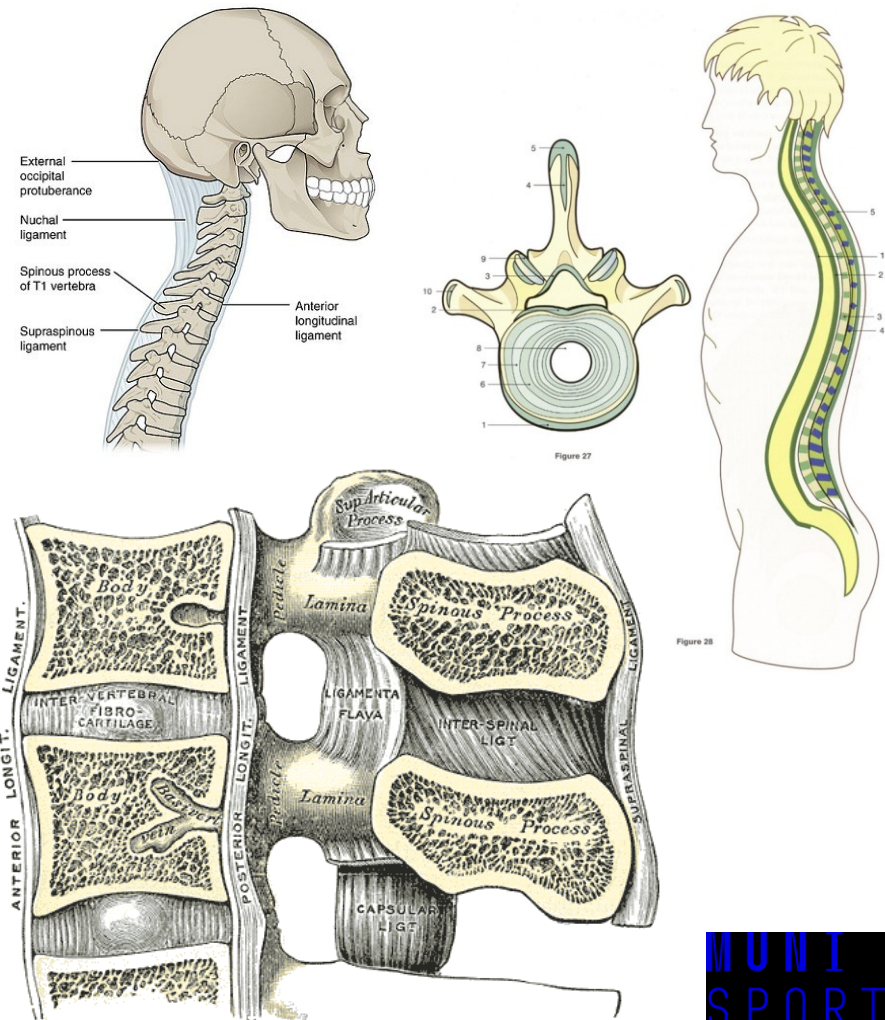
Anizotropie

- Při kritickém tlakovém zatížení jako poslední kolabuje zadní část obratlového těla (spinální léze).



Pasivní stabilita segmentu

- **Pasivní stabilita pohybových segmentů** je dále podpořena ligamentózním aparátem zahrnujícím ligamentum longitudinale anterius, ligamentum longitudinale posterius, ligamenta flava, ligamenta interspinalia a ligamenta intertransversaria.

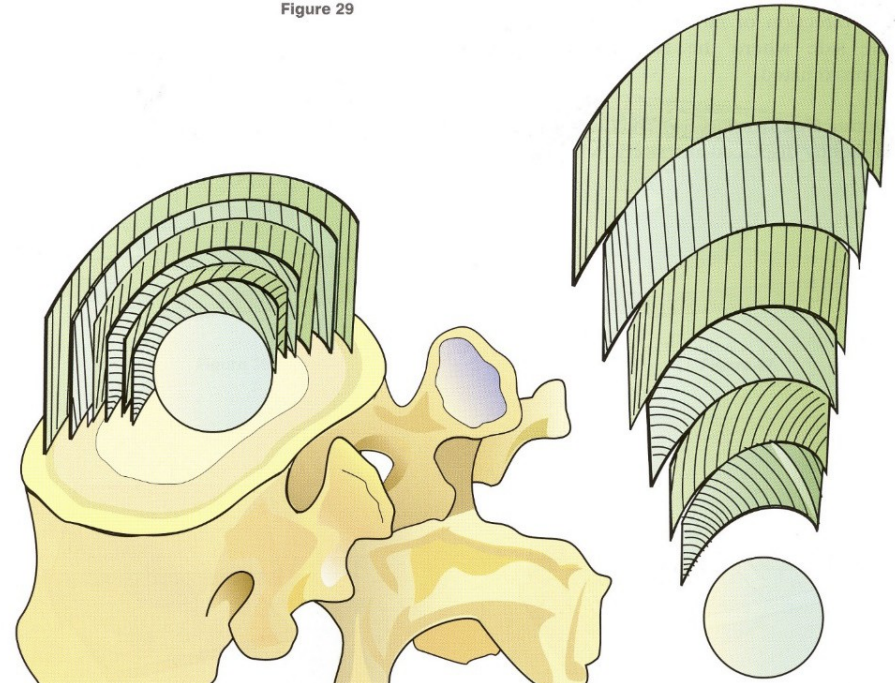
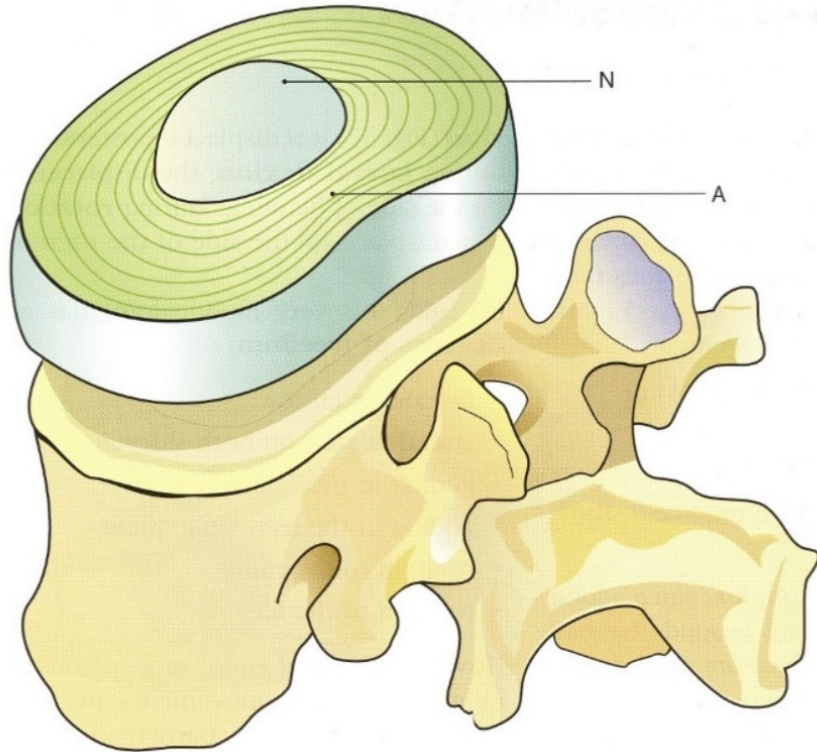


Intervertebrální disk

- Intervertebrální disk je tvořen tekutým **nucleus pulposus** uzavřeném v pevném **anulus fibrosus**.
- Struktura uspořádání kolagenních vláken se v jednotlivých vrstvách anulus fibrosus liší. V nejhlubší vrstvě je uspořádání kolagenních vláken šikmé a má nejbližší k rovině **transverzální**.
- Uspořádání kolagenních vláken anulus fibrosus povrchové vrstvy je především **kraniokaudální**.
- Nejrizikovější způsob zatížení vnitřní vrstvy anulus fibrosus je tedy **rotace kombinovaná s flexií (ante, retro, latero) a kompresí**.

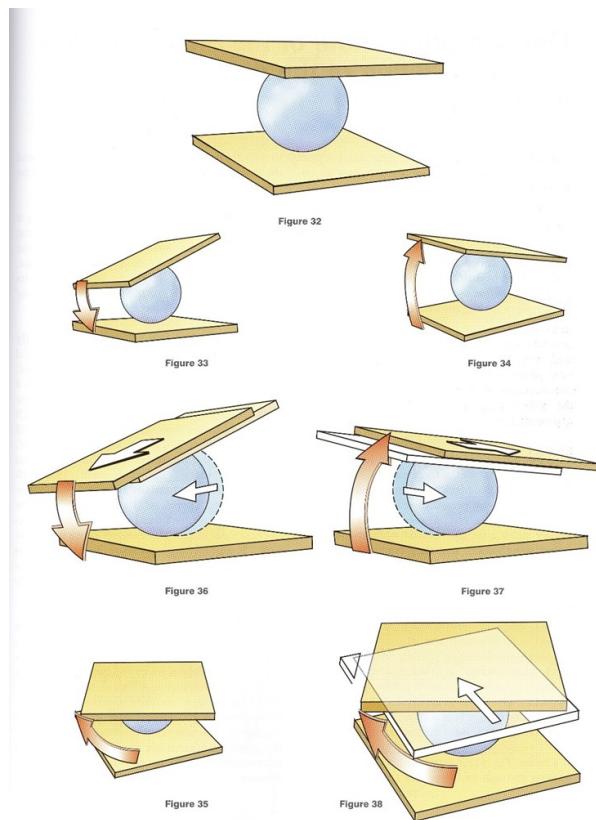
Intervertebrální disk

Figure 29



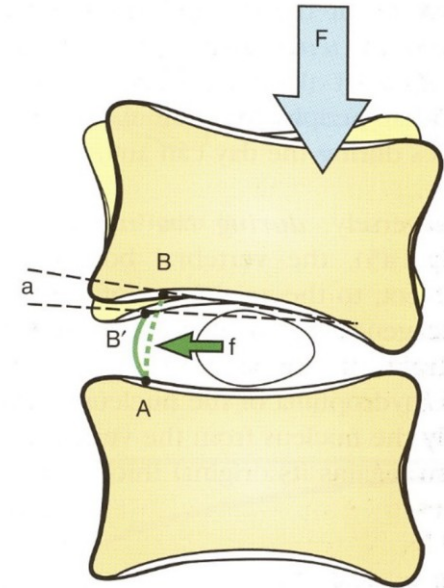
Deformace nucleus pulposus

- Význam nucleus pulposus spočívá kromě jeho schopnosti **absorbce nárazů** také ve schopnosti měnit tvar a tím umožnit větší rozsah pohybu i při současném plnění **nosné funkce**.
- Pohyb nucleus pulposus směrem vzad je kritický, protože může způsobit útlak nervových struktur v páteřním kanále.
- Současně s **flexí** dochází k migraci nucleus pulposus do otevírajícího se prostoru. V případě **lateroflexe vpravo** se otevírá prostor mezi krycími plochami obratlových těl vlevo a stejným směrem se posouvá i nucleus pulposus. V případě **anteflexe** bude nucleus pulposus migrovat směrem vzad. V případě **retroflexe** bude nucleus pulposus migrovat směrem vpřed.



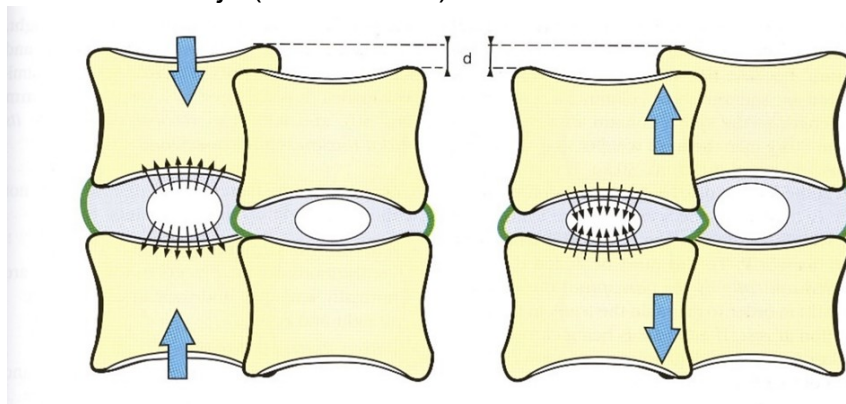
Stabilizační mechanismus intervertebrál. disku

- V případě komprese dojde k **oploštění nucleus pulposus**. Rozsah jeho migrace bude omezen **napětím v anulus fibrosus**.
- Pokud se tedy například při anteflexi otevírá prostor pro migraci nucleus pulposus vzadu, potom rozsah této migrace limituje zvýšené napětí **anulus fibrosus zadní části**, který se více napíná a tím **tlačí nucleus pulposus zpět do středního postavení**.



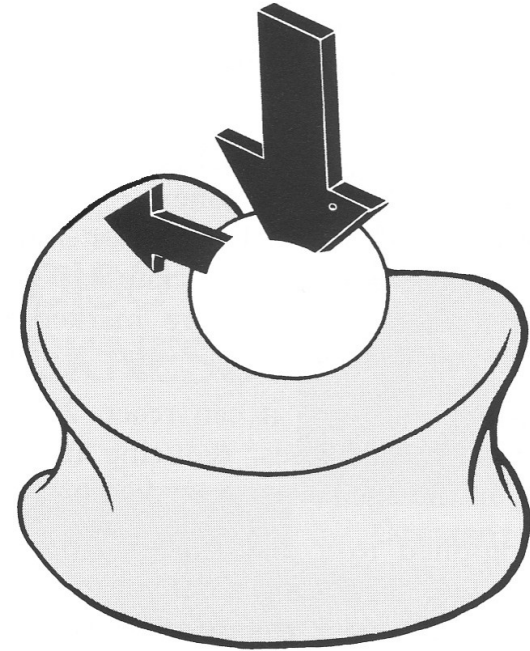
Hydratace

- Vliv na výšku meziobratlové ploténky má i **hydratace**. Ta se v souvislosti s tlakovým zatížením v průběhu dne **snižuje**. Ke zpětné resorpci vody do nucleus pulposus dochází při správné celkové hydrataci organismu v průběhu odpočinku, respektive při **snížení kompresního zatížení disku v horizontální poloze**, to je v leže.
- Páteř je o 300% tužší při flexi brzo ráno v porovnání během dalšího dne.
- Je to způsobeno absorbováním vody platničkou počas noci (Adams 1987).
- Rozsah pohybu do flexe se v průběhu dne zvětšuje (Ensink 1996).



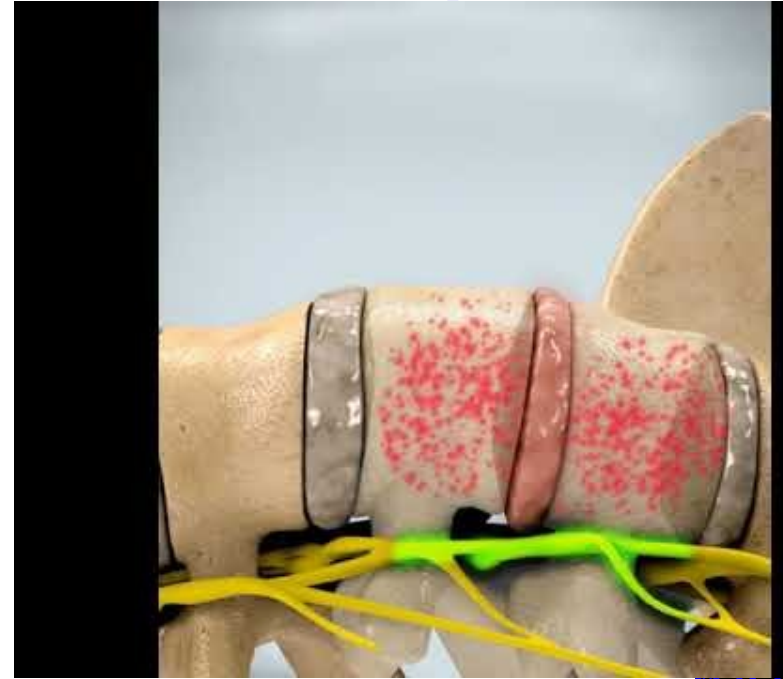
Axial pressure loading $A/N= 1/3$

- Mechanický model vyjadřuje poměr kompresního zatížení anulus fibrosus a nucleus pulposus. Nucleus pulposus přináší dvě třetiny tlakového zatížení ve srovnání s anulus fibrosus, který přednáší pouze jednu třetinu.
- Hodnoty níže vyjadřují míru zátěže disku při ideálním statickém osovém zatížení jedince s vahou cca 55 kg.
- **L5-S1 (axial loading) 280 N, 16 kg.cm⁻²**
- **L5-S1 (trunk FL) 870 N, 58 kg.cm⁻²**
- **L5-S1 (trunk EXT from FL) 1740 N, 107 kg.cm⁻²**



Symetrické zatížení - Trakce/dekomprese

- Těla obratlů se oddalují
- Výška disků se zvyšuje, šířka se snižuje
- Napětí v annulus fibrosus roste
- Diskus je více sférický
- Intradiskální tlak se snižuje
- Nucleus pulposus se navrací do svého obalu
- Jedna z 1. metod volby u diskopatií



Symetrické zatížení - Komprese

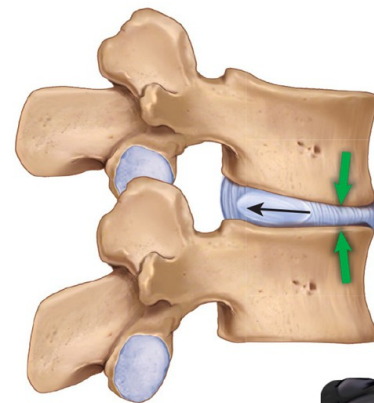
- Discus je oploštělý a rozšířený
- Nucleus pulposus je také oploštělejší
- Intradiskální tlak se zvyšuje - přenos na vnitřní vlákna annulu
- Vertikálně působící síla je transformována do laterálně působících sil napínajících annulární vlákna

Klinický význam - Flexe

- **Flexe a extenze** sestávají ze dvou složek pohybu – sagitální rotace a sagitální translace.

Flexe zahrnuje:

- **Bederní obratel** kombinace anteriorní sagitální rotace a anteriorní translace
- **Intervertebrální disk** je komprimován vpředu a zadní anulus je napínán. Při “zdravé” ploténce způsobuje flexe posun nucleu pulposu dozadu (Kolber 2009). Intradiskální (nitroplatničkový) tlak měřený v nucleus pulposus signifikantně vzroste při plné flexi (Kuo 2010).

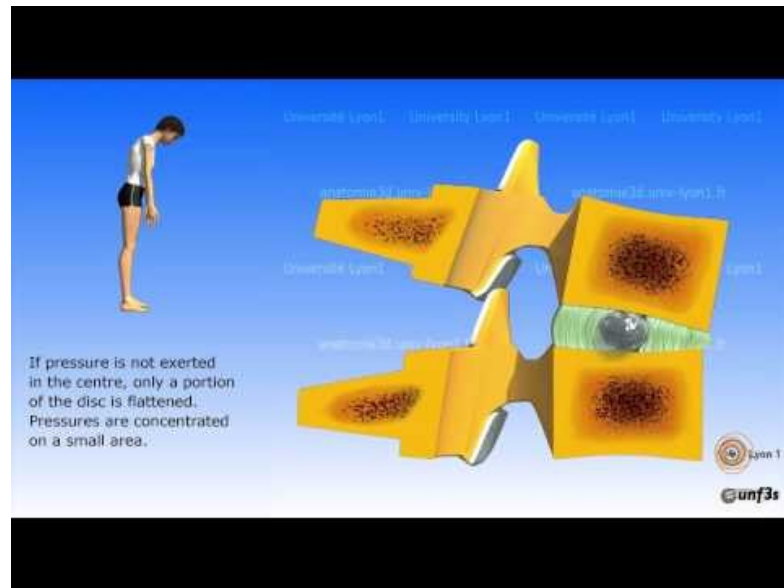


Copyright © 2015 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

Klinický význam - Flexe

Flexe dále zahrnuje:

- **Na úrovni facetových kloubů** jsou kompresivní síly nižší a pravděpodobně asymetrické (Kuo 2010).
- Oblast páteřního kanála a rozměry foraminálních otvorů se zvětšují a napínání je přeneseno na míchu a periferní nervový systém (Inufusa 1996).
- V průběhu udržované flexe může **fenomén creep** způsobit 10% zvýšení úhlu flexe za 20 minut (McGill 1992). Odolnost struktur vymezujících pohyb může být redukována o 42% už za 5 minut (Busscher 2011).
- **Dynamická zátěžová flexe** (zahrádka, sporty - hokej, golf, veslování, házení, kopy, apod.)/**Statická zátěžová flexe** (cyklistika, “ochablý” kyfotický sed)/**Statická nezátěžová flexe (leh na boku)**

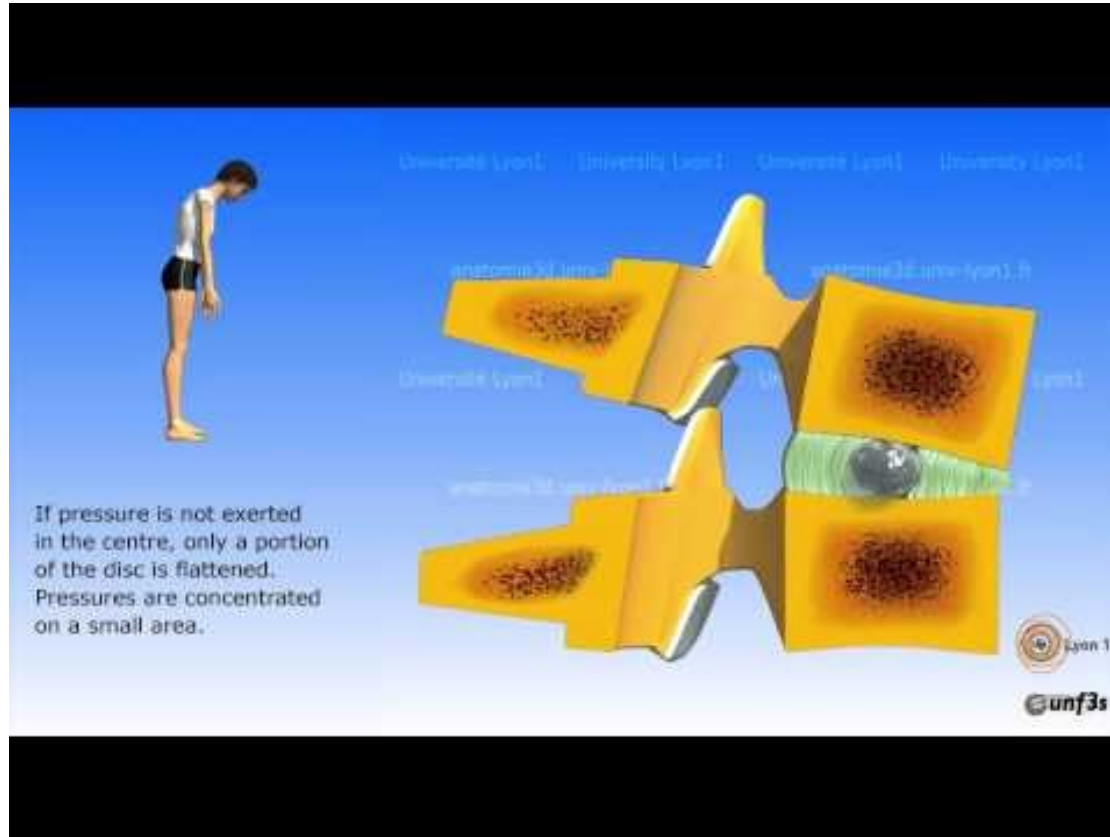


Klinický význam - Extenze

Extenze zahrnuje:

- **Bederní obratel** kombinace posteriorní sagitální rotace a posteriorní translace
- **Intervertebrální disk** je komprimován vzadu a přední anulus fibrosus je napínán. Tlak v nucleu se snižuje až o 35% v extenzi (Adams 1994).
- Kompresivní síly ve **facetových kloubech** se během extenze zvyšují (Rohmann 2009).
- Pohyb je spojen s přiblížením spinálních výběžků či inferiorních artikulárních výběžků na laminu spodního obratle.
- U zdravé ploténky může extenze způsobit posun nucleu pulposu dopředu (Kolber 2009).
- Oblast páteřního kanálu a rozměry foraminálních otvorů se zužují a snižuje se napínání míchy a periferního nervového systému (Inufusa 1996).
- **Statická zátěžová extenze** (vzpřímený sed, stoj)/**Dynamická zátěžová extenze** (chůze, běh, gymnastika - velké rozsahy)/**Statická odlehčená extenze** (leh na břicho)

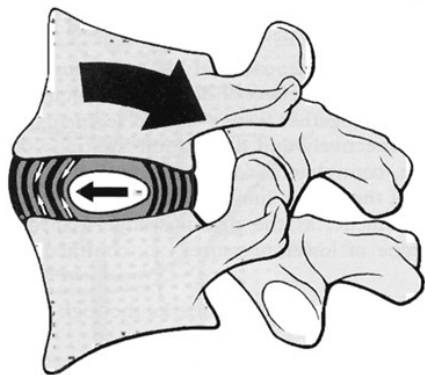
Klinický význam - Extenze



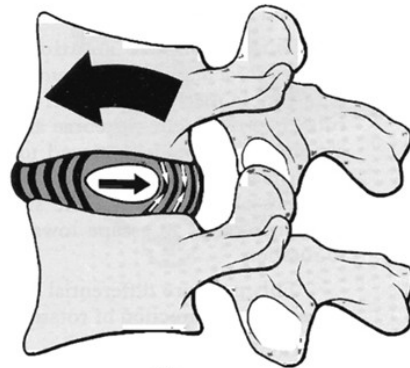
Klinický význam - Rotace

- Šikmá vlákna s průběhem orientovaným proti směru pohybu (rotace), jsou napínána, zatímco vlákna intermediární, s opačnou orientací jsou relaxována.
- Napětí dosahuje maximum v centrálních vláknech annulu, která jsou nejvíce šikmo orientována.
- Nucleus je výrazně komprimován a intradiskální tlak je přímo úměrně zvyšován ve vztahu k úhlu rotace.
- To vysvětluje, proč flexe s rotací je nejvíce riziková pro roztržení annulu a posun nucleu posteriorně.

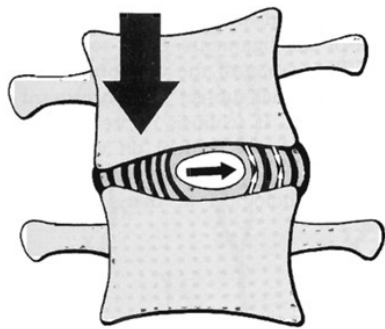
45



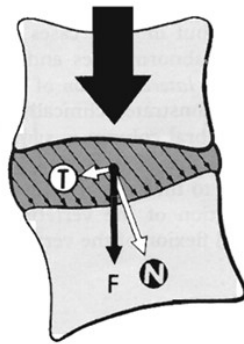
46



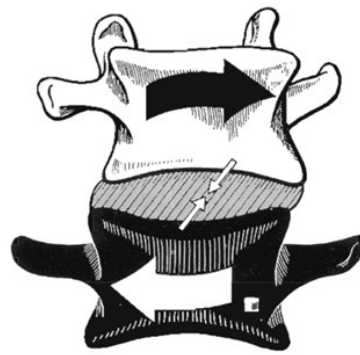
47



48



50



49

Lateroflexe - Rotace

- V průběhu asymetrické laterální komprese discus (stlačovanou substanci) posouvá kontralaterálně- směrem k zóně menšího “odporu”, tlaku - a to vede **současně i k rotaci**.
- Kontralaterální ligamenta jsou napínány.
- Komprese disků a napínání ligament fungují v tomto procesu jako “synergisté” tohoto složeného pohybu.
- V rámci fixované rotace obratlů a lateroflexe páteře (u skoliózy) je krátkotrvající automatická rotace obratlů patologickým jevem a je trvale spojena s lateroflexí páteře.

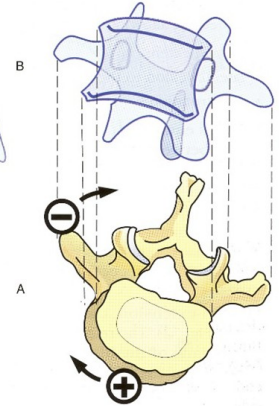
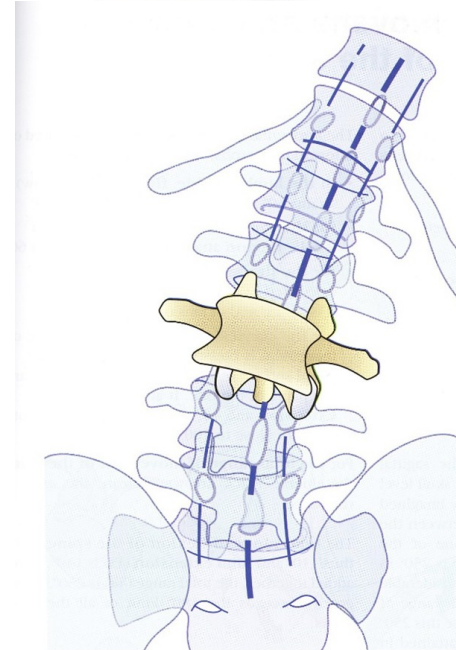
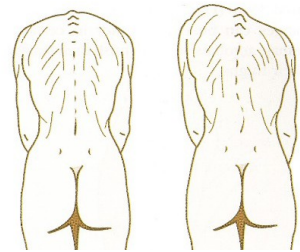
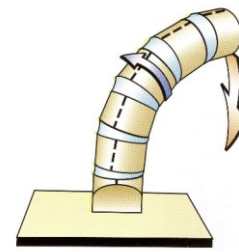
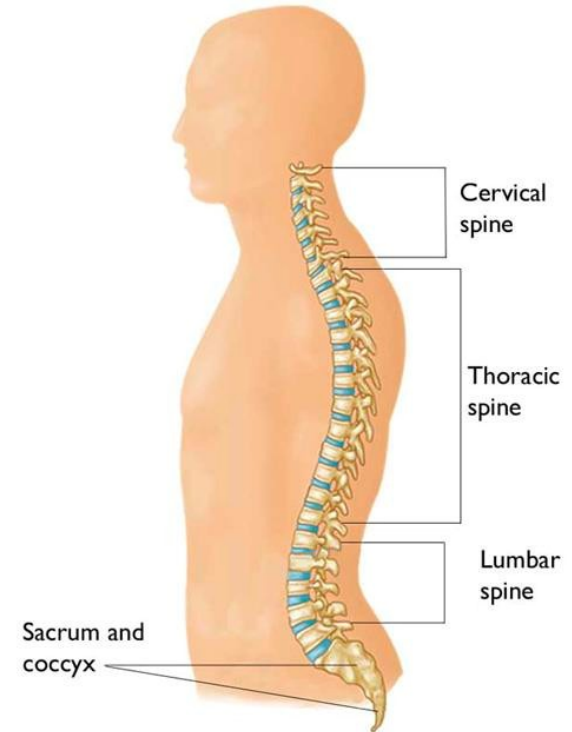


Figure 68

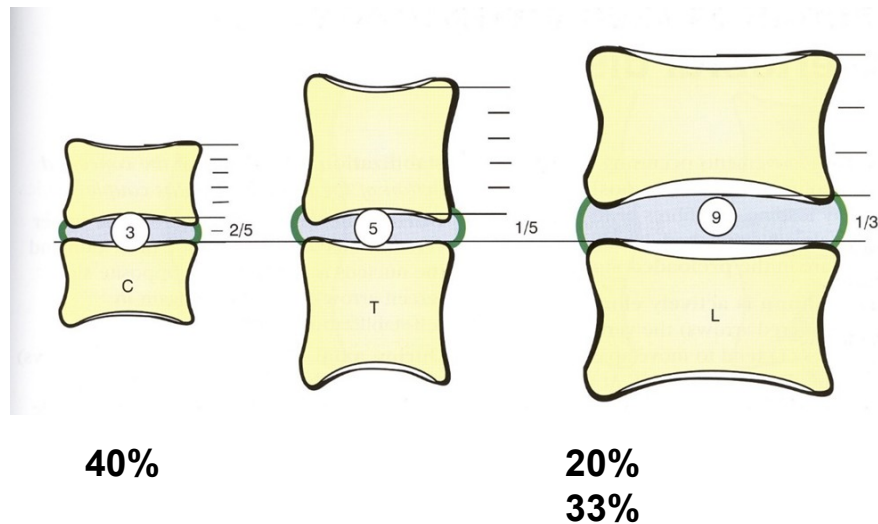
Lateroflexe - Rotace

- Vzájemná konfigurace kloubních výběžků na rozdíl od poměru meziobratlová destička/obratlové tělo neurčuje rozsah pohybu, ale určuje směr, ve kterém bude pohyb možný. Např. v bederní páteři se tak setkáváme pouze s minimální rotací, ale relativně velkou flexí.
- Ze sklonu kloubních ploch dolní krční, hrudní a bederní páteře rovněž vyplývá **nemožnost izolovaného pohybu do rotace nebo do lateroflexe**. Tyto pohyby jsou vždy **vzájemnou kombinací obou** (při lateroflexi dochází k automatické rotaci a naopak).



ROM

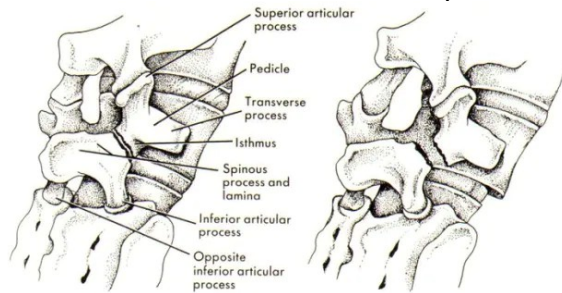
- Rozsah pohybu v daném pohybového segmentu závisí na **poměru mezi výškou obratlového těla a meziobratlovým diskem.**
- **Nejpohyblivější** úsekem páteře je tedy páteř krční. **Méně pohyblivým** úsekem je páteř bederní. **Nejméně pohyblivým** úsekem je páteř hrudní.



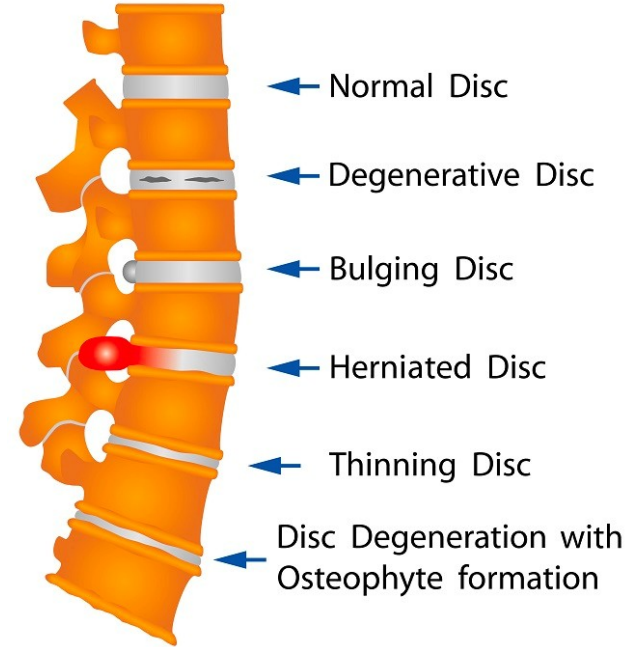
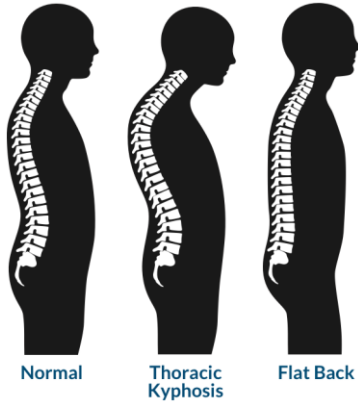
Patofyziologie pohybu - S rovina

Spondylolýza

- EXT + KOMPRESE, 1.uni/2.bilaterální postižení pars interarticularis obratlového oblouku)
- “Scotty dog” sign - RTG
- Adolescenti
- **Gymnastika** (repetitivní hyperEXT a komprese, **tenis** (hyperEXT podání, forehand - EXT a rotace)



Patofyziologie pohybu - S rovina



ROM Rotace

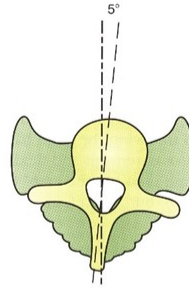


Figure 78

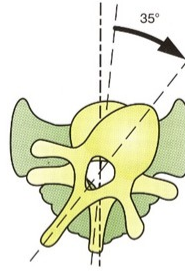


Figure 79

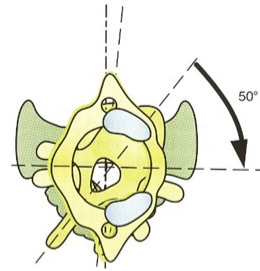
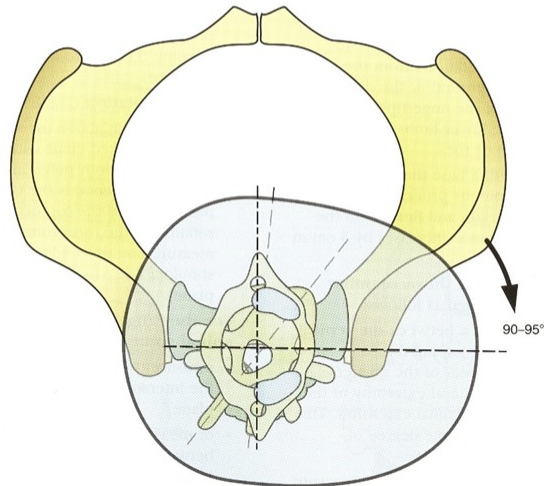


Figure 80



Zdroje:

- Kapandji, I. A. (1970). *The Physiology of the Joints: Dépouillement v. 1 Upper limb. _ v. 2 Lower limb. _ v. 3 The trunk and the vertebral column.* Churchill Livingstone.
- McKenzie Inštitút, kurz časť A-drieková chrbtica, 25.-28.3.2022
- https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Lumbar_Spondylolysis_in_Extension_Related_Sport&veaction=edit§ion=18
- <https://mobilephysiotherapyclinic.net/williams-flexion-exercises-vs-mckenzie-extension-exercises/>