



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND
BIOMECHANICS

BIOMECHANICKÉ ASPEKTY REKONSTRUKCE **ACETABULA**

BIOMECHANICAL ASPECTS OF THE RECONSTRUCTION OF THE ACETABULUM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDREJ SLÁVIK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK FLORIAN, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Slávik

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Biomechanické aspekty rekonstrukce acetabula

v anglickém jazyce:

Biomechanical aspects of the reconstruction of the acetabulum

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na ÚMTMB se provádí, v rámci diplomových a doktorských prací, deformačně napěťové analýzy kyčelního spojení. Zpravidla se jedná o analýzu konkrétního problému v oblasti kyčelního spojení. Cílem zadané práce je vytvoření širšího přehledu o historii a současnosti rekonstrukce jamky kyčelního spojení.

Cíle bakalářské práce:

1. Provedení rešerše dostupné literatury v oblasti řešeného problému.
2. Stručná historie rekonstrukce acetabula.
3. Základní biomechanické aspekty rekonstrukce acetabula.
4. Současné acetabulární rekonstrukce.

Seznam odborné literatury:

- [1] Sosna, A., Vavřík, P., Krbec, M., Pokorný, D.: Základy ortopedie, Triton 2001
- [2] Valenta, J.: Biomechanika člověka, svalově kosterní systém, Díl 2, Praha, Vydavatelství ČVUT, 1997
- [3] Dungl, P., a kol.: Ortopedie, Grada Publishing a.s., Avicenum, Praha, 2005, ISBN 80-247-0550-8
- [4] Žofka, P.: Výsledky rekonstrukce acetabula solidním kostním štěpem při primární a revizní aloplastice kyčle, Acta chirurgiae or orthopaedicae et traumatologiae Čechosl., 73, 2006, p. 190–196

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Florian, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 19.11.2014

L.S.

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

Abstrakt

Rešeršná časť bakalárskej práce Biomechanické aspekty rekonštrukcie acetabula pojednáva o historickom vývoji a súčasných metódach riešenia problematiky patologických bedrových kĺbov v prípade nevhodnosti použitia totálnych endoprotéz, napríklad u detí. Zároveň je načrtnutý náhľad do anatómie, súvisejúcej s danou problematikou a charakterizované najvýznamnejšie poruchy bedrového kĺbu, ktoré sa s týmito prípadmi spájajú. V praktickej časti tejto práce sú analyzované a kvalitatívne porovnávané výsledky výpočtového modelu medzi patologickým a fyziologickým bedrovým spojením, na čo sú následne riešené aj stykové sily v týchto dvoch prípadoch.

Kľúčové slová

Biomechanika, rekonštrukcia, acetabulum, osteotómia, bedrový, kĺb

Abstract

The research part of bachelor's thesis Biomechanical aspects of the reconstruction of the acetabulum is dealing with historical development and current methods of solving the issue of pathological hip joints in case when use of total endoprosthesis is not suitable, for example in children. Also the anatomical view, related to the given problem situation, is outlined and the most significant disorders of the hip joint, which are connected with these cases, are characterized. In the practical part of this work, there are results of the analysis model between pathological and physiological hips analyzed and qualitatively compared, followed by the solution of the contact forces in these two situations.

Key words

Biomechanics, reconstruction, acetabulum, osteotomy, hip, joint

Bibliografická citácia

SLÁVIK, O. *Biomechanické aspekty rekonstrukce acetabula*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. XY s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Florian, CSc..

Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu „Biomechanické aspekty rekonštrukcie acetabula“ vypracoval samostatne, len s použitím uvedenej literatúry.

V Brne dňa 29. mája 2015

.....
Slávik Ondrej

Pod'akovanie

Chcel by som poďakovať predovšetkým pánovi doc. Ing. Zdeňkovi Florianovi, CSc. za odborné vedenie a ochotu reagovať na akékoľvek otázky počas celej práce a pánovi Ing. Tomášovi Návratovi, Ph.D. za pomoc pri riešení výpočtového modelovania v programe ANSYS, ale samozrejme vďaka patrí aj rodine a blízkym za podporu počas celého štúdia

OBSAH

1. Úvod	13
2. Popis problémovej situácie	14
3. Ciele riešenia	15
4. Rešerše dostupnej literatúry	16
5. Základná anatómia z hľadiska riešeného problému	20
5.1 Bedrový kĺb	20
5.2 Dolná končatina	23
6. Charakteristika najvýznamnejších porúch bedrového kĺbu	24
6.1 Dysplázia bedrového kĺbu	24
6.2 Coxa vara	25
6.3 Coxa valga	26
6.4 Perthesova choroba	27
7. História	28
7.1 Humbertova repozícia	28
7.2 Pravazov prístroj	29
7.3 Frejkova perinka, Pavlíkove trmene	30
7.4 Krvavé (otvorené) repozície	32
8. Súčasné rekonštrukcie acetabula	34
8.1 Salterova osteotómia	34
8.2 Pembertonova osteotómia	36
8.3 Degova osteotómia	38
8.4 Chiariho osteotómia	39
9. Tvorba výpočtového modelu	42
9.1 Model geometrie	42
9.2 Model materiálu	44
9.3 Kontakt	44
9.4 Diskretizácia	45
9.5 Zaťaženie a okrajové podmienky	45
10. Prezentácia výsledkov a analýza riešenia	47
10.1 Prezentácia výsledkov	47
10.2 Analýza riešenia	51

11. Stykové sily	52
11.1 Postup riešenia	52
11.2 Analýza výsledkov	57
12. Záver	58
13. Zoznam použitej literatúry	59
Zoznam použitých symbolov	62

1. ÚVOD

Neustály pokrok ľudstva vo vede a technike sa podpísal snád' na všetkých vedných oboroch a disciplínach. V prvej štvrtine 20. storočia boli obzvlášť slávne obory relativistická, kvantová, či statická mechanika. V ďalších rokoch sa medzi dôležité udalosti zaradil príchod lietadiel, radarov a tryskových motorov, neskôr dokonca možnosť letov do vesmíru, či už na mesiac, alebo vysielanie medziplanetárnych sond, nástup jadrových elektrární, lasery, polovodiče, výpočtová technika, protézy a iné [5]. Veľmi dôležitý, z hľadiska zamerania tejto práce, je teoreticko-aplikačný obor biomechanika, ktorej história sa datuje už do dôb starovekého Grécka. Jej najväčší progres však môžeme zaznamenať práve v poslednej dobe – koncom 20. a začiatkom 21. storočia, o čo sa vo veľkej miere zaslúžil práve spomínaný rozvoj výpočtovej techniky, bez ktorej by nebolo v ľudských silách vyriešiť mnohé problematiky z oblasti biomechaniky.

Slovo biomechanika je gréckeho pôvodu zo slova bios (život) a mēchanikē (náuka skúmajúca deformáciu a pohyby telies). Zaoberá sa mechanickými vlastnosťami spolu s problémami na úrovni statiky, dynamiky, kinematiky, bioviskoelasticity, biotolerancie, bioreológie a v poslednej rade so životnosťou živých systémov na základe všeobecných metód mechaniky kontinua. Účelom biomechaniky je teda analyzovať mechanický pohyb a reakcie živých systémov, či už z hľadiska vonkajších, alebo vnútorných účinkov, za súčasného uvažovania možných fyziologických, alebo patologických stavov živých organizmov, prípadne vrodzených, alebo nadobudnutých počas života a úrazov. Ďalším z cieľov je optimalizovať podporné systémy, rovnako ako vnútorné, tak aj vonkajšie náhrady tkaniva, prípadne orgánových štruktúr, v spolupráci s ich klinickým overovaním. Vo veľkej miere taktiež prispieva k rozvoju neinvazívneho diagnostikovania, alebo zlepšeniu liečby a technických prístrojov [4].

Dôležitým aspektom pri pochopení živých organizmov je modelovanie biosystémov a s tým spojená simulácia ich funkcie, čo vedie k lepšiemu rozvoju v oblasti liečenia a k výraznému nárastu bezpečnosti pri práci, prípadne doprave, alebo športe. Toto modelovanie delíme do dvoch skupín, a to teoretické a experimentálne. Pre dosiahnutie pokiaľ možno čo najvierohodnejších výsledkov, je treba pri riešení súčasných významných problémov použiť kombináciu týchto dvoch modelov.

Keď sa pozrieme na súčasnú dobu, v ktorej ľudia žijú veľmi hektickým spôsobom života, plného stresu, kde mnohé zamestnania sú sedavé, tak veľa ľudí sa potom neskôr snaží absenciu pohybu nahradiť v posilňovni. Tam však často cvičia nesprávne, čo sa týka techniky, alebo sa jednoducho ponáhľajú a nevenujú dostatočnú pozornosť rozcvičeniu. Výsledkom toho sú potom veľmi časté poranenia typu natiahnutý sval, ale často to bývajú aj poranenia kostí a kĺbov. Práve kĺby sú veľmi dôležitou súčasťou v živote ľudí. Zaisťujú totižto pohyblivé spojenie medzi niektorými kosťami. Najväčším a najviac zaťažovaným je bedrový kĺb, a preto sa kladie veľký dôraz na to, aby v prípade akéhokoľvek poškodenia bolo možné patologický stav vhodným spôsobom vyriešiť. Najvýznamnejšie riešenia, čo sa týka poškodeného bedrového kĺbu, sú jeho náhrada totálnou endoprotézou a chirurgická rekonštrukcia. Práve posledná spomínaná bude záujmom tejto práce.

2. POPIS PROBLÉMOVEJ SITUÁCIE

V závere predchádzajúcej kapitoly bola zmienená náhrada bedrového kĺbu totálnou endoprotézou. Ten však nie je jediným, ktorý býva nahradený pomocou totálnych endoprotéz. V súčasnosti je možné nahradiť množstvo kĺbov v ľudskom tele, ako napríklad už spomínaný bedrový kĺb, kolenný kĺb, členkový kĺb, ramenný kĺb, lakt'ový kĺb, zápästný kĺb, ale aj menšie kĺby v ruke. Totálne endoprotézy teda veľmi výrazným spôsobom ovplyvňujú kvalitu života človeku, ktorý prekonal úraz, alebo sa u neho vyskytol patologický stav nejakým iným spôsobom – najčastejšie degeneratívnym ochorením a opotrebovaním, súvisiacim s vysokým vekom. Pomáhajú so zvládaním bežných situácií každodenného života, ktoré si vyžadujú určitú dávku pohybu, ktorý, ako už bolo poznamenané, vo veľkej miere zabezpečujú aj kĺby. Je treba si ale uvedomiť, že podobný zákrok pomáha dotyčnej osobe iba s jemnými prácami či úkonmi a ich bezbolestným zvládaním. Ťažké fyzické namáhanie sa neodporúča.

Problematická situácia však nastáva v prípade detí a mladých ľudí. Tí sú v niektorých prípadoch postihovaní niektorou z takzvaných vývojových porúch bedrového kĺbu, ktoré keď sa neliečia, tak v mnohých prípadoch môžu v závere viesť až k strate funkcie takéhoto kĺbu. Samozrejme to nie sú vždy len vývojové poruchy, ktoré vedú k patologickým stavom. Bývajú to často aj úrazy, a to aj napriek tomu, že u mladého človeka sú kosti oveľa pružnejšie a kvalitnejšie, ako je tomu u starších ľudí. V podobnej situácii sa naskytá riešenie náhrady patologického kĺbu pomocou totálnej endoprotézy. Tu však prichádza spomínaný problém. Veľkými nevýhodami totálnych endoprotéz je to, že nemôžu dorastať a aj ich životnosť. Práve tá môže byť rozhodujúcim faktorom v živote mladých ľudí, pretože v súčasnosti sa životnosť týchto náhrad pohybuje okolo 15 rokov. V prípade jednej reoperácie sa toto obdobie môže predĺžiť o ďalších 15 rokov, čo dáva dohromady v konečnom dôsledku maximum 30 rokov. To je skutočne krátka doba pre ľudí vo veku do 30 rokov. Oveľa vhodnejším riešením takýchto problémov je preto chirurgická rekonštrukcia postihnúťého miesta, pretože aj v prípade, kedy bude obmedzená nejakou životnosťou, tak stále ponúka veľký prínos, čo sa týka posunutia aplikácie totálnej endoprotézy do neskoršieho veku.

Na úrazy sa však dopredu nedá pripraviť až v takej miere, ako je tomu u vývojových porúch, keďže takmer každý úraz je niečím iný a špecifický. V prípade vývojových porúch však platí pravý opak, kedy priebeh a vývoj ochorenia spĺňajú určité parametre. Z toho dôvodu je veľmi dôležité tieto problémy detailne študovať, aby bolo možné byť oboznámený s pokiaľ možno čo najviac faktormi, týkajúcimi sa daného patologického stavu, čo neskôr vedie k šanci na oveľa väčšiu úspešnosť zákroku.

Patologický bedrový kĺb je teda komplexným problémom, či už z hľadiska medicíny, biochémie, alebo biomechaniky. Práve posledná spomínaná, biomechanika, súvisiaca s namáhaním, ktoré je z hľadiska živého objektu veľmi náročné popísať, kvôli komplikovanému tvaru, materiálu, uloženiu a zaťaženiu, je predmetom štúdia na ÚMTMB. Preto je vhodné, aby sa študenti, ktorí sa chystajú s biomechanikou v ďalších ročníkoch zaoberať, s touto problematikou oboznámili už v priebehu skoršieho štúdia, napríklad formou rešeršného štúdia vo svojej bakalárskej práci.

3. CIELE RIEŠENIA

V predchádzajúcej kapitole bola načrtnutá problémová situácia oblasti bakalárskej práce. Cieľom práce je vypracovať rešeršnú štúdiu problematiky bedrového kĺbu a riešenie patologických problémov pomocou acetabuloplastiky. Súčasťou rešeršnej štúdie je aj zoznámenie sa so základnými spôsobmi riešenia silových pomerov na bedrovom kĺbe a ich aplikáciou pre konkrétného pacienta na základe röntgenového snímku.

4. REŠERŠE DOSTUPNEJ LITERATÚRY

1. Dungl, P. a kol.

Ortopédie

Kniha je súhrnnou učebnicou ortopédie. Tvorí tak rozsiahly a komplexný súhrn poznatkov v oblasti ortopédie, a preto má naozaj široké využitie nielen pre študentov, ale aj pre mnohých lekárov. Obsah je rozdelený do 25 kapitol, od liečebnej rehabilitácie, cez popis ochorení postihujúcich končatiny a skelet až po samotnú charakteristiku jednotlivých častí ľudského tela. Kapitola je venovaná ochoreniam bedrového kĺbu postihujúcim deti, čo vo veľkej miere súvisí s problematikou tejto práce.

2. Sosna A., Vavřík P., Krbec M., Pokorný D. a kol.

Základy ortopedie. Triton, 2001.

Literatúra *Základy ortopedie* podáva informácie v oblasti ortopédie, avšak v oveľa stručnejšom merítku. Kapitoly sú koncipované tak, aby prinášali základné poznatky v danej problematike. V kapitole 8 je charakterizovaná vrodená dysplázia bedrového kĺbu, ktorá bude taktiež jedným z predmetov záujmu tejto práce.

3. Valenta, J., Konvičková, S.

Biomechanika člověka, svalově kosterní systém, Díl 1

Jednotlivé kapitoly týchto vysokoškolských skript ČVUT sú vytorené tak, aby podávali detailný opis problematiky z biomechanického hľadiska. V úvode je popísaná biomechanika živých systémov všeobecne, nielen na úrovni ľudského organizmu. Ďalej nasleduje anatómia s označením a hlavnými časťami tela s následným matematickým popisom a riešením vnútorných deformácií a síl. Pre túto prácu môže byť využitá obzvlášť kapitola 5, venovaná biomechanike ľudskej chrupavky.

4. Valenta, J., Konvičková, S.

Biomechanika člověka, svalově kosterní systém, Díl 2

Druhý diel pražských vysokoškolských skript je zameraný vo väčšej miere na popis ľudského kostného tkaniva, najmä v rozsiahlej druhej kapitole, popisujúcej jeho biomechanické, bioelektrické a biochemické vlastnosti.

5. Poul, J. a kol.

Dětská ortopedie

Kniha súhrnne popisuje ortopédiu detí od úvodného popisu, anatómie, genetiky a zobrazovacích metód, až po charakteristické vrodené a vývojové poruchy, spolu

s ich diagnostikou a terapiou. Kapitoly 15, 16 a 17 popisujú choroby postihujúce bedrový kĺb, čo môže byť veľmi prínosné pre túto prácu.

6. Ročák, K., Jan Poul a Karel Urbášek.

Přesnost korekce proximálního femuru s fixací LCP dětskými kyčelními dlahami

Článok podáva náhľad na metodiku pri fixácii proximálneho femuru pomocou LCP detskými dlahami spolu s RTG snímkami. Ďalej udáva porovnanie niektorých výsledkov s predoperačným plánom, spolu s diskusiou, kde je daná technika hodnotená.

7. Žofka, P.

Výsledky rekonstrukce acetabula solidním kostním štěpem při primární a revizní aloplastice kyčle

Autor v uvedenej práci detailne spracoval informácie týkajúce sa rekonštrukcie acetábula, konkrétne jeho zastrešením pomocou kostného štepu z femorálnej hlavy, ktorý je fixovaný k panve šróbmi. Práca je sprevádzaná príkladnými RTG snímkami spolu s vyhodnotením výsledkov na záver.

8. N. Slavkovič, Z. Vukašinovič, I. Šešlija, Z. Bukumirič, Z. Baščarevič, D. Spasovski

Acetabular component position of the noncemented total hip endoprosthesis after previous Chiari pelvic osteotomy

V zmienenom článku autori porovnávali dve skupiny pacientov, ktorí podstúpili výmenu bedrového kĺbu totálnou endoprotézou, pričom jedna skupina bola najskôr podrobená Chiariho osteotómii. Následne boli vyhodnotené výsledky a rozdiely pozorované medzi týmito dvoma skupinami pacientov.

9. Poul Jan, Karel Urbášek a K. Ročák

Porovnání přesnosti korekce proximálního femuru klasickými úhlovými dlahami a systémem kanalizovaného pediatricko-ortopedického instrumentária (CAPOS)

V práci sa autori zamerali na porovnanie presnosti zavedenia a taktiež dosiahnutie plánovanej korekcie medzi klasickými uhlovými dlahami a novo zavedenými implantátmi CAPOS, ktoré v poslednej dobe už takmer úplne nahradili tieto klasické uhlové dlahy.

10. Šponer, P., Urban, K., Karpaš, K.

Trojité Steelova innominátní osteotomie při léčbě onemocnění dětského kyčelního kloubu

Publikácia popisuje metódu trojitej osteotómie podľa Steela a jej priebeh u sledovaných pacientov v určitom období. V článku sú prítomné ilustratívne obrázky tejto techniky a RTG snímky pacientov, rovnako tak ich klinické hodnotenie. V závere je zhrnutie výsledkov a celkové zhodnotenie metódy.

11. Vrbka, M.

Deformačne napěťová analýza fyziologicky a patologicky vyvinutého kyčelného spojení

Autor tejto dizertačnej práce sa venuje analýze spojenia bedrového kĺbu na úrovni výpočtového modelovania s využitím softwaru ANSYS a následným zhodnotením výsledkov.

12. Vaverka, M.

Biomechanická studie patologicky vyvinutého kyčelného spojení z hlediska následných chirurgických spojení

Dizertačná práca je zameraná na poruchy a ochorenia bedrového spojenia s následnými možnosťami liečby v podobe rôznych rekonštrukcií. Tieto poznatky sú ďalej podložené výpočtovým modelovaním v programe ANSYS. V závere práce sú prevedená analýza riešenia a výsledkov.

13. Tönnis, D.

Indication and Techniques of Acetabuloplasties

V práci sú popísané typy acetabuloplastík, sprevádzané názornými RTG snímkami porušených a vyliečených bedrových kĺbov spolu s grafmi porovnávajúcimi niektoré výsledky. Na záver je vedená diskusia s porovnaním jednotlivých acetabuloplastík medzi sebou v mnohých ohľadoch.

14. Cordier, W., Tönnis, D., Katthagen, B., Kalchschmidt, K., Storch, K.

Long-term results after open reduction of developmental hip dislocation by an anterior approach first lateral, then medial of the iliopsoas muscle

Práca detailne popisuje techniku otvorenej redukcie rozvíjajúceho sa bedrového kĺbu, skúmanú na skupine detí, ktoré ju podstúpili pred 10-21 rokmi. Následne sú pozorované, zaznamenávané a porovnávané výsledky u týchto pacientov, ktorí v minulosti trpeli dyspláziou, poprípade dislokáciou bedrového kĺbu, spolu so záverečným zhodnotením úspešnosti tejto techniky.

15. Schejbalová, A., Chádek, P.

Acetabuloplastika u dětí s dětskou mozkovou obrnou

Odborný článok pozoruje metodiku a výsledky acetabuloplastiky u pacientov, postihnutých detskou mozgovou obrnou. Súčasťou práce je detailná obrazová dokumentácia prípadov spolu s RTG snímkami postihnutých. V záverečnej diskusii je zhodnotená samotná acetabuloplastika spolu s jej úspešnosťou v prípade poškodenia pacienta detskou mozgovou obrnou.

16. Herman, S., Jaklič, A., Herman, S., Iglič, A., Kralj-Iglič, V.

Hip stress reduction after Chiari osteotomy

Článok sa zaoberá pôsobením fyzikálnych kvantít, ako sú sily a napätia v bedrovom kĺbe na základe rôznych matematických modelov a výpočtov po prevedení Chiariho osteotómie.

5. ZÁKLADNÁ ANATÓMIA Z HĽADISKA RIEŠENÉHO PROBLÉMU

5.1 BEDROVÝ KLĚB

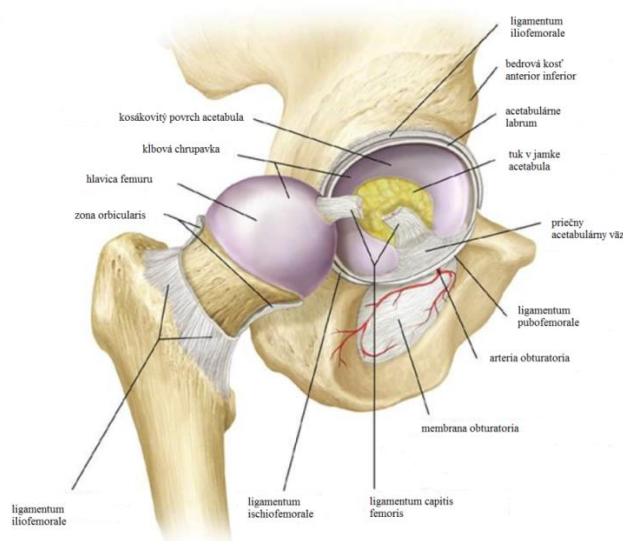
Bedrové spojenie, alebo tiež bedrový kĺb, je najviac namáhaným a najväčším kĺbom ľudského tela. Jedná sa o spojenie panvovej kosti s kosťou stehennou. Je označovaný pojmom jednoduchý kĺb, a to preto, že je zložený len z dvoch častí. Jeho pohyby sú obmedzované vďaka hlbokkej jamke, ležiacej v panve. [14]

Kĺbnymi plochami sú facies lunata acetabuli a styková plocha hlavice femuru. Zvyšok acetabula je vyplnený tukovým vankúšom (pulvinar acetabuli). Kĺbna jamka je prehĺbovaná vďaka labrum acetabulare na obode acetabula.

Kĺbne puzdro je silné a je pripájané na okrajoch kĺbných plôch – na femure v predu po linea intertrochanterica a v zadu približne do stredu collum femoris. Fossa trochanterica leží extraartikulárne.

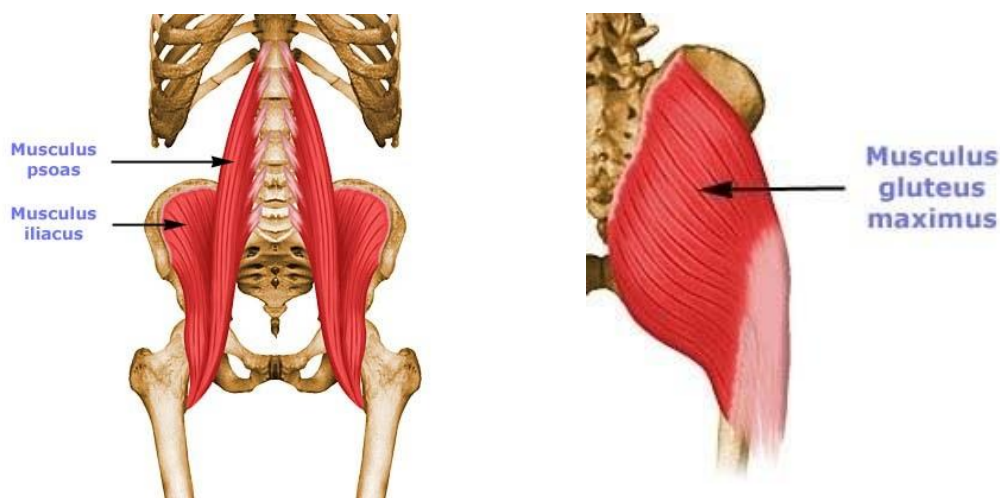
Pomocné zariadenia v podobe väzov špirálovito obružujúcich collum femoris:

1. ligamentum iliofemorale, ktorý sa tiahne od spina iliaca anterior inferior až k linea intertrochanterica, leží na prednej strane kĺbneho púzdra
2. ligamentum pubofemorale, tiahnuce sa od horného okraja ramus superior ossis pubis až ku dolnej prednej strane púzdra, s ktorým splýva
3. ligamentum ischiofemorale, tiahnuce sa od zadného okraja acetabula až nakoniec zrastá spolu so zadnou stranou púzdra, končiac na jeho hornej strane
4. ligamentum pubofemorale + ligamentum ischiofemorale tvoria zona orbicularis, cirkulárne obopínajúc collum femoris
5. ligamentum capitis femoris, tiahnuce sa od fovea capitis femoris, v smere pod ligamentum transversum acetabuli, kde opúšťa kĺbnu dutinu, až sa nakoniec upína v susedstve acetabula [15]



Obr. 1 Bedrový kĺb [21]

Svaly bedrového kĺbu sú rozdelené do 2 skupín, a to predné a zadné. Do prvej skupiny patrí musculus iliopsoas, zložený z musculus psoas major, ktorý sa tiahne od bedrovej chrbtice, z ktorej pokračuje ďalej do panvy a musculus iliacus, ktorý sa potom spolu so psoas major upína na malý trochanter stehennej kosti. Ich úlohou je konať flexiu¹ bedrového kĺbu a výpomoc pri addukcii² z vonkajšej rotácie. Skupinu zadných svalov bedrového kĺbu tvoria musculus gluteus maximus, musculus gluteus medius, musculus gluteus minimus a musculus tensor fasciae latae. Prvý spomínaný, musculus gluteus maximus, je najväčším z mm. glutei, tiahnuci sa od zadnej časti bedrovej lopaty, od krížovej kosti a kostrče. Snopce smerujú od spina iliaca posterior superior až k veľkému trochanteru, na ktorý sa upínajú. Úlohou zadných snopcov je extenzia³ spolu s vonkajšou rotáciou bedrového kĺbu a predné snopce zabezpečujú abdukciu⁴ a addukciu stehna. Ďalším spomínaným je musculus gluteus medius, nachádzajúci sa o trochu hlbšie, ktorý je zároveň z časti krytý predchádzajúcim svalom. Tiahne sa podobne ako m. g. maximus zo zadnej časti bedrovej lopaty, konkrétne z jej hornej časti a upína sa na veľký trochanter. Odlišná funkcia závisí na lokácii snopcov. Zadné snopce konajú vonkajšiu rotáciu bedrového kĺbu, stredné abdukciu a predná vnútornú rotáciu. Najhlbšie umiestneným je musculus gluteus minimus, ktorý je predchádzajúcim svalom zakrytý úplne. Začína na strednej časti bedrovej lopaty a končí upnutý na veľkom trochantri. Funkciami sa zhoduje s m. g. medius [16].



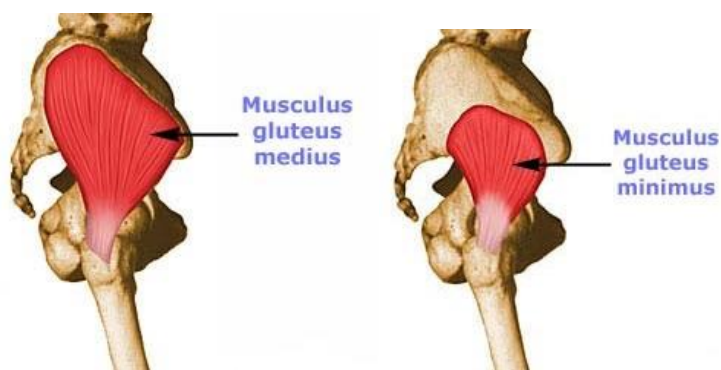
Obr. 2 Predné svaly bedrového kĺbu (vľavo), musculus gluteus maximus (vpravo) [16]

¹ Ohyb, zmena uhlu medzi kosťami, alebo inými časťami ľudského tela

² Priťahovanie, pohyb časti tela v smere k strednej línii tela

³ Natiahnutie, alebo vystretie končatiny

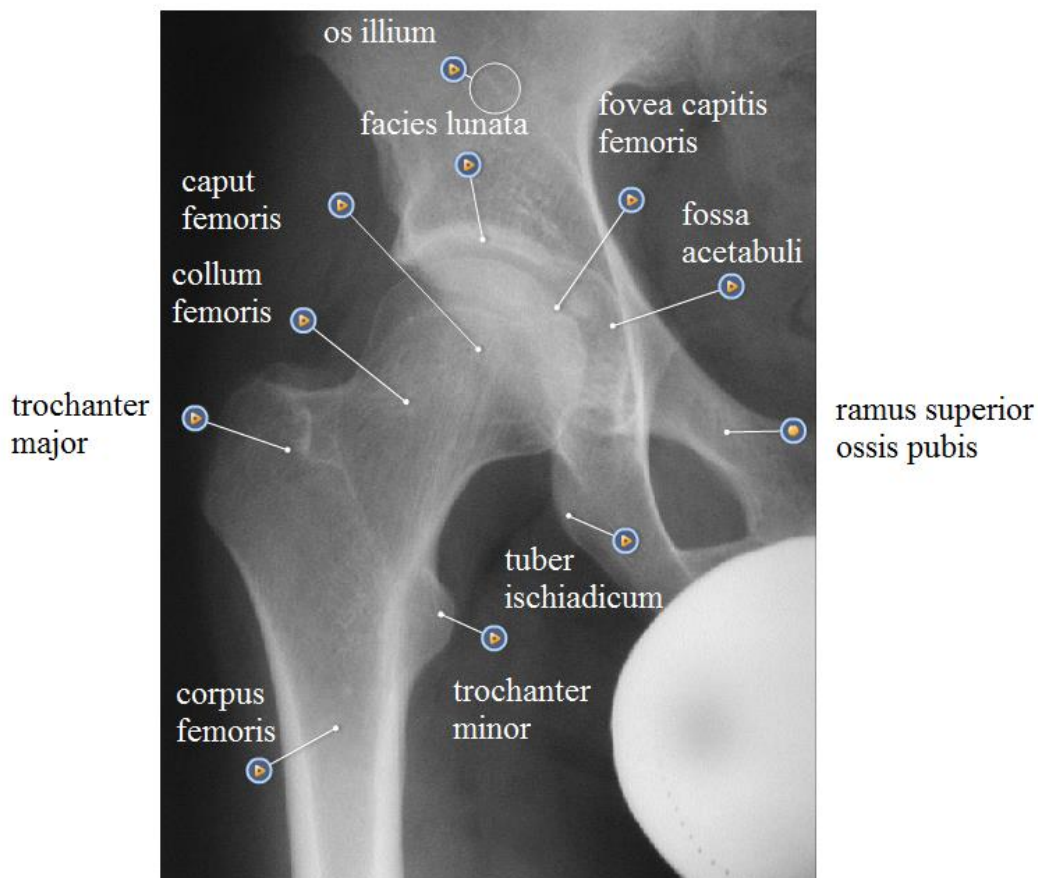
⁴ Opak addukcie, odtiahnutie končatiny od strednej línii tela



Obr. 3 Musculus gluteus medius, musculus gluteus minimus [16]

Typovo sa bedrový kĺb radí ku guľovým s obmedzením a môže sa pohybovať podľa troch osí. Prvým typom pohybu je flexia a extenzia, pričom extenzia je obmedzená v dôsledku zona orbicularis a väzy sa pri nej napínajú, naopak pri flexii sa uvoľňujú. Druhým typom je abdukcia a addukcia, kde je abdukcia za súčasnej extenzie obmedzovaná napnutými väzmi, naproti tomu za súčasnej flexie je oveľa výraznejšia. Posledným typom pohybu je buďto femorálna pronácia, čo je vnútorná rotácia, alebo femorálna supinácia, alebo tiež vonkajšia rotácia.

Za stredne postavený sa bedrový kĺb označuje vo flexii, s miernou abdukciou a vonkajšou rotáciou.



Obr. 4 RTG snímka bedrového kĺbu [22]

5.2 DOLNÁ KONČATINA

Kostra dolnej končatiny je rozdelená do dvoch častí, a to kosti pletenca panvy a kosti voľnej dolnej končatiny. Pletenec panvy zahŕňa bedrovú kosť, lonovú kosť a sedáciu kosť. Do kostry voľnej dolnej končatiny patria stehenná kosť a jablčko nachádzajúce sa medzi spomínanou stehennou kosťou a dvojicou kostí píšťaly a ihlice. Ako posledné sú súčasťou tejto kategórie – priehlavkové kosti, predpriehlavkové kosti a články prstov (obr. 5) [35].



Obr. 5 Kostra dolnej končatiny [36]

6. CHARAKTERISTIKA NAJVÝZNAMNEJŠÍCH PORÚCH BEDROVÉHO KLÍBU

Pre objasnenie významu a prevádzania acetabuloplastík je treba najskôr vysvetliť podstatu a pôvod porúch postihujúcich bedrový kĺb. Vzhľadom na to, že ich existuje mnoho, bude táto kapitola zameraná na stručnú charakteristiku tých najvýznamnejších porúch.

6.1 VÝVOJOVÁ DYSPLÁZIA

Problém dysplázie bedrového kĺbu bol zaznamenaný už v staroveku, kde ho Hippokrates popísal v práci „De Articulis“, kde ju popísal ako vrodenú luxáciu. Pokladal ju za traumatickú, ako príčinu predpokladal úraz brucha počas tehotenstva [1].

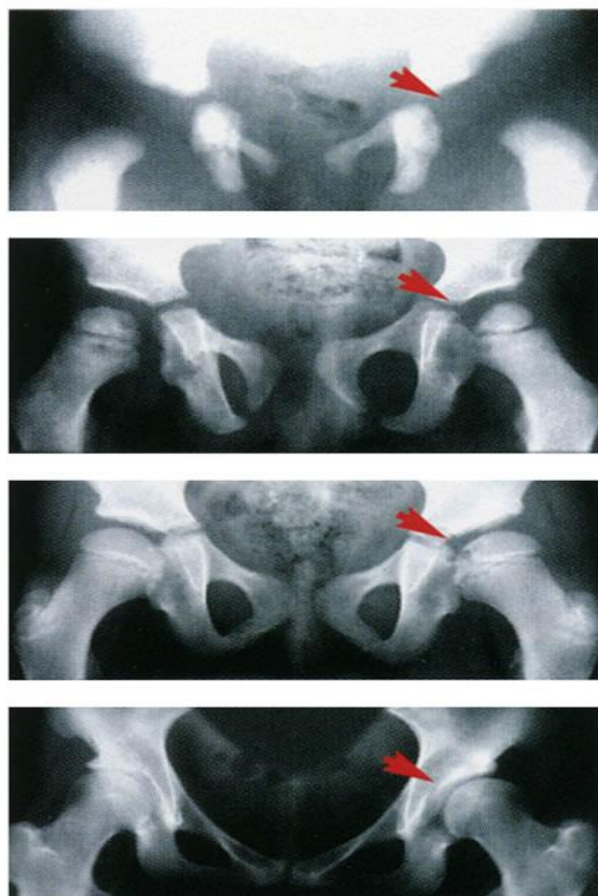
Pojem vývojová dysplázia bedrového kĺbu (DDH⁵) označuje širokú škálu morfológických odchýlok od fyziologického stavu a s nimi spojené poruchy funkcie, majúce rozdielne charakteristiky počas jednotlivých fáz individuálneho vývoja, alebo závažnejšej patológie. DDH sa najčastejšie prejavuje jednoduchou nestabilitou, ktorú spôsobuje zvýšená laxita⁶ puzdra, poprípade sublúxiou⁷ alebo luxáciou⁸ bedrového kĺbu. Ďalším faktorom môže byť nevhodný spôsob liečby [8].

Tieto odchýlky sa v minulosti diagnostikovali pomocou RTG snímok dieťaťa v 3. a 9. mesiaci života. Problémom však bolo to, že do 3.

mesiaci stav bedrových kĺbov nebolo možné jednoznačne stanoviť [9].

V súčasnosti vykonáva vyšetrenie dieťaťa medzi 3. až 5. dňom

neonatológ. Do 6. týždňa sa dieťa podrobí sonografickému vyšetreniu, ktoré je omnoho šetrnejšie ako RTG. To však stále neznižilo výskyt prípadov, v ktorých sa porucha neodhalí



Obr. 6 Rádiografické snímky u pacienta trpiaceho DDH pri narodení, v 3, 10 a 19 rokoch života (odhora nadol) ukazujú pretrvávajúcu dyspláziu [23]

⁵ Developmental dysplasia of the hip

⁶ Tiež kĺbová hypermobilita, stav, v ktorom sú kĺby nadmerne uvoľnené

⁷ Neúplné vyklíbenie, čiastočný styk kĺbových plôch

⁸ Úplné vyklíbenie

včas. Včasná diagnostika má totižto podľa štatistiky až 95% šancu na úspešnú liečbu bez ďalších komplikácií [10].

6.2 COXA VARA

Termín coxa vara označuje deformitu bedrového kĺbu, kedy uhol, ktorý zvierajú hlavička so stehennou kosťou je menší ako 120° . Najčastejšie sa vyskytuje medzi 12. a 15. rokom života, a to najmä u chlapcov. V dôsledku toho sa môže dolná končatina skrátiť, čo vedie ku krívaniu postihnutej osoby. Príčinou vzniku bývajú úrazy, ale taktiež hormonálne poruchy, najčastejšie dva konkrétne typy. Jedným z nich je tzv. Fröhlichov syndróm, postihujúci obéznych chlapcov s oneskoreným vývinom genitálií, v dôsledku zníženej produkcie gonadotropného hormónu. Druhý postihuje deti rýchlo rastúce do výšky, ktoré sú tiež štíhle, v dôsledku prevahy hormónov rastových nad pohlavnými [3].

Ochorenie sa diagnostikuje pomocou RTG snímok, a to v dvoch projekciách – predozadná a Lauensteinova⁹. Následne sa potom coxa vara podľa RTG obrazu rozdeľuje do 4 skupín:

1. preslip
2. mierny sklz – do $1/3$ šírky krčku, to je do 30°
3. stredný sklz – do $1/2$ šírky krčku, to je do 70°
4. ťažký sklz – viac ako $1/2$ šírky krčku, to je nad 70° [11]

Problémom pri väčších sklzoch je pravdepodobnosť výskytu tvarových zmien na hlavici, v dôsledku čoho sa neskôr v dospelosti môže objaviť artróza bedrového kĺbu. Pri operatívnych zákrokoch je šanca vzniku nekrózy chrupavky, ktorá sa prejavuje najmä bolesťou, prípadne aj flekčnou a addukčnou kontraktúrou v bedrovom kĺbe, ale najmä dochádza k značnému obmedzeniu hybnosti v tomto kĺbe [3].



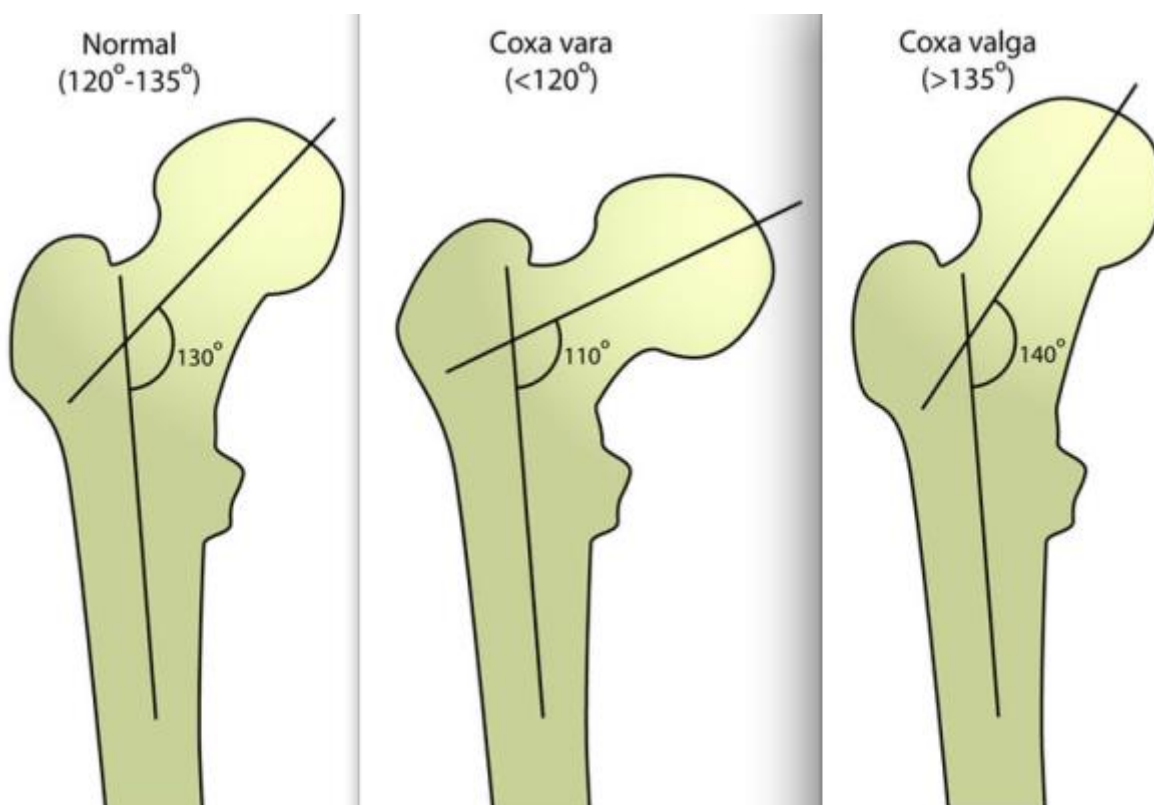
Obr. 7 H predstavuje Hilgenreinerovu čiaru, α_1 predstavuje normálny Hilgenreinerov uhol, α_2 uhol demonštrujúci coxa vara [24]

⁹ Zobrazovacia technika pre polohu pacienta pri rádiografickom vyšetrení bedrového kĺbu, zdôrazňujúca vzťah medzi femurom a acetabulom

6.3 COXA VALGA

Podobne ako coxa vara, je aj coxa valga deformitou bedrového kĺbu, naopak oproti vyššie spomínanej, kde bol uhol medzi hlavicou a stehennou kosťou menší ako 120° , je to v prípade diagnózy coxa valga viac ako 135° ¹⁰. Môže sa vyskytovať u detí v rôznom veku, hoci u veľmi mladých detí nie je až takým veľkým problémom, pretože spomínaný uhol je väčší počas prvých rokov života. U dospelievajúcich je však toto poškodenie naozajstným dôvodom k obavám. Spreádzajú ho totiž bolesti, strata pohyblivosti a skrátenie končatiny, v krajnom prípade dokonca odumieranie tkaniva v bedrovom kĺbe. V konečnom dôsledku teda postihnutý stráca schopnosť niesť váhu na vlastných nohách, čo neskôr vedie až k poškodeniu a deformite svalov v poškodenej nohe [12].

Najčastejšou príčinou vzniku tohto poškodenia sú nervovosvalové poruchy, obzvlášť mozgová obrna, s ktorou prichádza nedostatočná mechanická stimulácia svalstva a kostry. Skeletálne dysplázie, ako napríklad Turnerov syndróm, mukopolysacharidóza a Pylova choroba, sa taktiež môžu podpísať na vzniku bilaterálnej¹¹ coxy valgy [7].



Obr. 8 Porovnanie normálneho bedrového kĺbu (vľavo) s kĺbom postihnutým ochorením coxa vara (v strede) a coxa valga (vpravo) [25]

¹⁰ Vo fyziologickom stave je hodnota tohto uhlu v intervale medzi 120° a 135°

¹¹ Obojstranná

6.4 PERTHESOVA CHOROBA

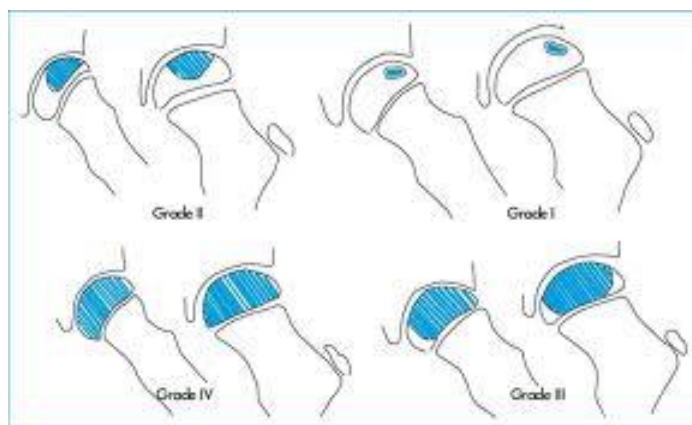
Perthesova choroba patrí medzi najčastejšie sa vyskytujúce a zároveň najvážnejšie bezcvične nekrózy kostí. Táto nekróza je spôsobená nesprávnym prekrvovaním¹² hlavice stehennej kosti v dôsledku odumretia centra, ktoré má za úlohu osifikovať¹³ kosť, po čom nasleduje prestavba na živú kosť. Táto skutočnosť sa negatívne prejaví na kvalite takejto kosti, čo vedie k deformitám postihnutého kĺbu, bolestiam, ktoré sa môžu prenášať nižšie do oblasti stehna a kolena, prípadne krívaním a možnosťou výskytu včasnej artrózy [2].

Choroba postihuje najmä chlapcov, a to najčastejšie medzi 3. až 8. rokom života. Obojstranne sa vyskytuje približne v 10% prípadov.

Od roku 1971 sa táto choroba podľa anglického ortopéda Anthonyho Catteralla rozdeľuje do 4 skupín (obr. 9):

1. postihnutá je len predná časť epifýzy¹⁴
2. postihnutá je už väčšia časť hlavice, pričom je vytvorený centrálny sekvester, segment hlavice, ktorý je postihnutý, môže kolabovať, ale výška epifýzy ostáva nemenná
3. väčšina epifýzy je sekvesterovaná, segmenty hlavice ostávajú nepoškodené mediálne a laterálne, v skoršej fáze ochorenia je možno v predozadnej projekcii vidieť obraz hlavice v hlavici
4. postihnutá je celá epifýza [1]

Ochorenie sa diagnostikuje pomocou RTG snímok po prejavení sa prvých príznakov, medzi ktoré patria krívanie a vyššie spomínané bolesti, zasahujúce až do stehna a kolena. Na snímkach sa pozorujú nepravidelnosti, vyskytujúce sa v samotnej štruktúre kĺbu a či nie je rozšírená kĺbna štrbina. Ďalšou možnosťou je použitie scintigrafie, magnetickej rezonancie alebo artrografie. Menej časté sú použitia ultrazvuku a CT vyšetrenia [13].



Obr. 9 Jednotlivé štádiá Perthesovej choroby [26]

¹² Príčina nesprávneho prekrvovania je doposiaľ neznáma

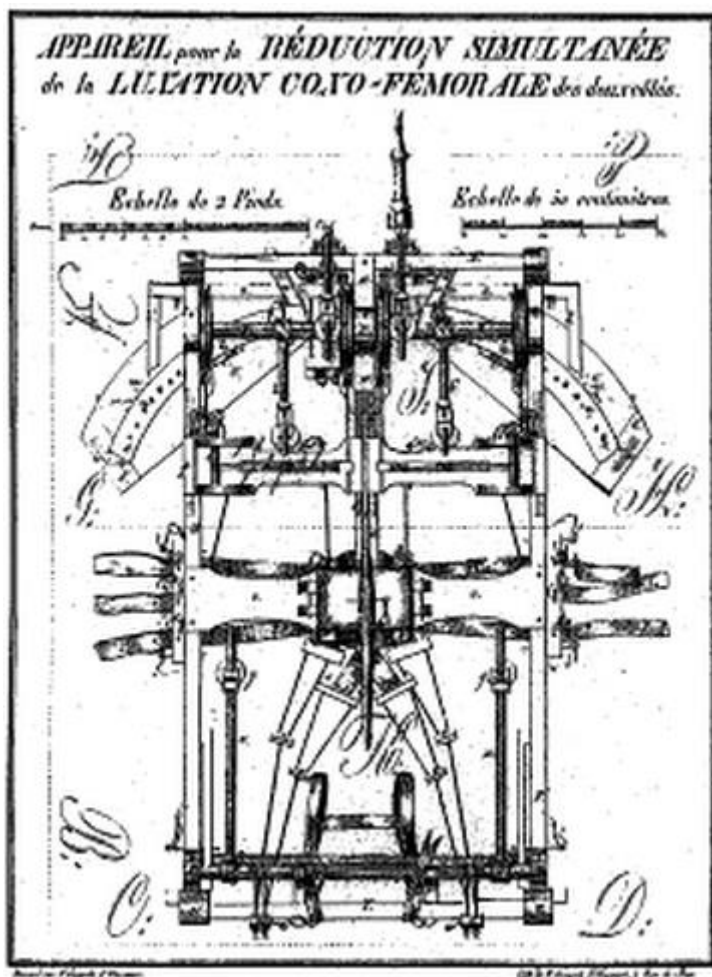
¹³ Proces vzniku kostného tkaniva

¹⁴ Koncová časť dlhej kosti

7. HISTÓRIA

Prvé náznaky riešenia problematiky vývojových porúch bedrového kĺbu môžeme zaznamenať na začiatku nášho letopočtu, približne v rokoch 45-125, kde Plutarchos, grécky filozof, vo svojich filozofických pojednaniach *Moralia* odporučil zakázanie na tesno baliť malé deti. Z obdobia dávneho a stredoveku sa však nezachovali žiadne historické zdroje až do roku 1783, v ktorom taliansky profesor anatómie a chirurg, pôsobiaci v Miláne, Giovanni Palletta, popísal patologické zmeny obojstrannej luxácie bedrového kĺbu u novorodenca starého 15 dní a označil ich pod názvom *claudicatio congenita*. V roku 1826 si francúzsky anatóm barón Guillaume Dupuytren všimol skrátenie stehna, spojeného s neobyčajným typom krivania a detailne patologicko-anatomicky ho popísal pod názvom „*deplacement original des fémurs*“ [1].

7.1 HUMBERTOVA REPOZÍCIA



Obr. 10 Humbertov aparát k liečeniu luxácie z 1. polovice 19. storočia [1]

Francois Humbert (1776-1850) bol francúzskym ortopédom, ktorý sa ako prvý pokúsil o repozíciu¹⁵ bedra. Bol prvým, komu sa podaril významný progres v problematike nevyriešených operácii z čias antiky. K tomu využil posledné informácie z oblasti anatómie bedrového spojenia, prezentované od Dupuytren a Vrolika. Taktiež predstavil manipulatívne techniky, ktoré považoval za úspešné v redukcii ako kongenitálnych¹⁶, tak aj patologických dislokácií v priebehu krátkej doby. Zatiaľ čo významní predstavitelia v tomto obore, ako napríklad Pravaz a Gerdy, považovali výsledok jeho práce (1835) skôr za transpozíciu ako dokoncalú repozíciu, obaja museli pripustiť, že táto práca bola veľmi dôležitým impulzom pre úspešné repozície, ktoré dosiahol

Pravaz neskôr v 50. rokoch 19. storočia. V roku 1817 založil

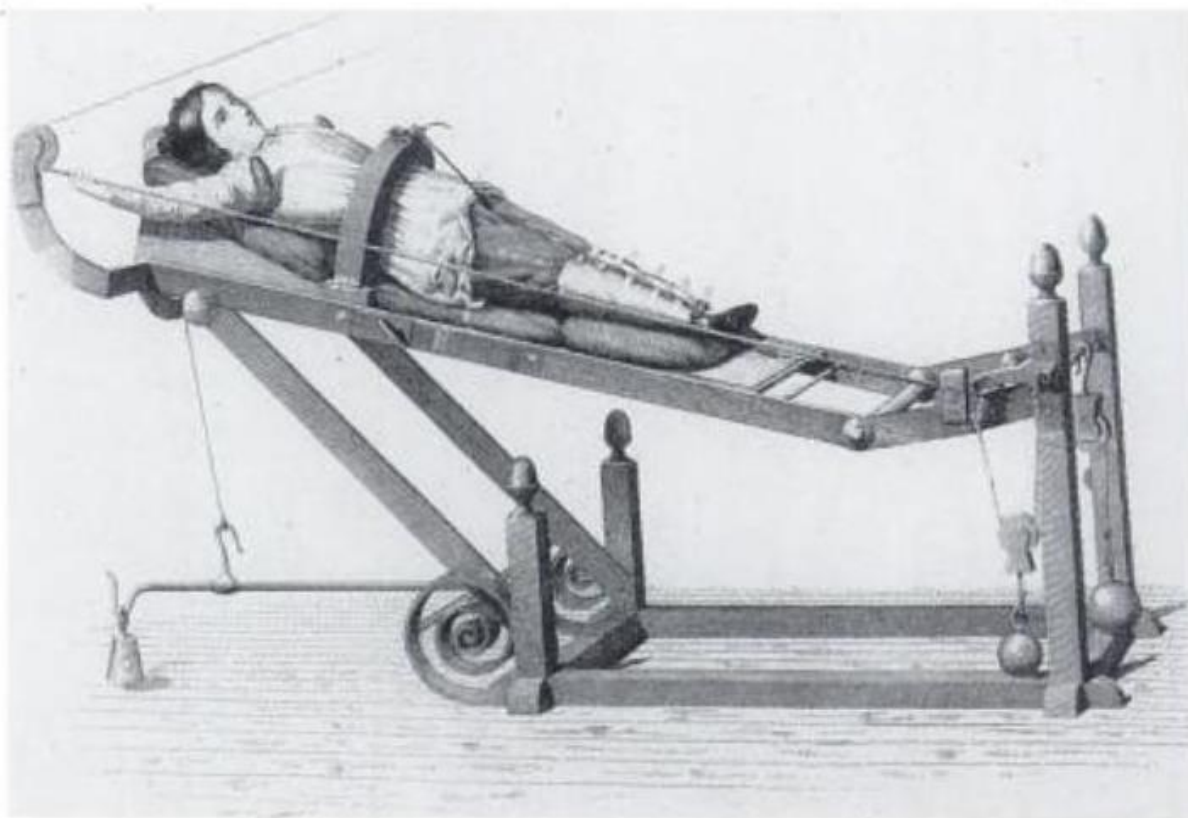
¹⁵ Navrátenie do pôvodnej pozície

¹⁶ Vrodený, nie však zdedený

Humbert prvú ortopedickú nemocnicu vo Francúzsku a vynášiel predĺžené postele a kreslá spolu s prístrojom, schopným merať zmeny vyvolané zakriveniami chrbtice [17].

7.2 PRAVAZOV PRÍSTROJ

Charles Gabriel Pravaz (1791-1853) bol francúzskym ortópedom, ktorý sa podobne, ako vyššie spomínaný Humbert, zaoberal liečením kongenitálnej dislokácie bedrového kĺbu, o čom zároveň pojednávala jeho práca s názvom „Traité théorique et pratique des luxations congénitales du fémur“, ktorá hodnotila pozorovanie liečby 19 pacientov a získala ocenenie Akadémie vied.



Obr. 11 Pravazov prístroj [6]

Pravaz bol prvým človekom, ktorému sa úspešne podarilo previesť repozíciu kongenitálnej dislokácie. Jeho technika spočívala v neustálej trakcii¹⁷, spolu so zvyšujúcou sa abdukciou a lokálnym tlakom na veľký trochanter. Vyžadovalo si to zhruba 8 až 10 mesiacov trakcie, aby sa hlavica femuru dostala do správnej pozície s acetabulom. Človek, ktorý podstúpil túto liečbu nemohol nosiť ťažké váhy po dobu ďalších dvoch rokov. V rokoch 1838 a 1839 prezentoval svoje výsledky pred komisiou, na čo bola roku 1840 zhrnutá správa s dostačujúcim hodnotením pre schválenie, hoci sa v nej uvádzajú nie úplne dokonalé výsledky – jemné krívnice stále pretrvalo spolu s určitým predĺžením dolnej končatiny, veľký trochanter stále trochu vyčnieval a pohyb abdukcie bol stále mierne obmedzený [6].

¹⁷ Ťah v horizontálnej, alebo šikmej rovine, spôsobený rukou terapeuta, prípadne prístrojom

V roku 1841 Pravazovu metódu modifikoval francúzsky doktor, Jules Guérin tak, aby v liečbe boli zahrnuté aj podkožné tenotómie¹⁸. Modifikáciu navrhol v piatich krokoch:

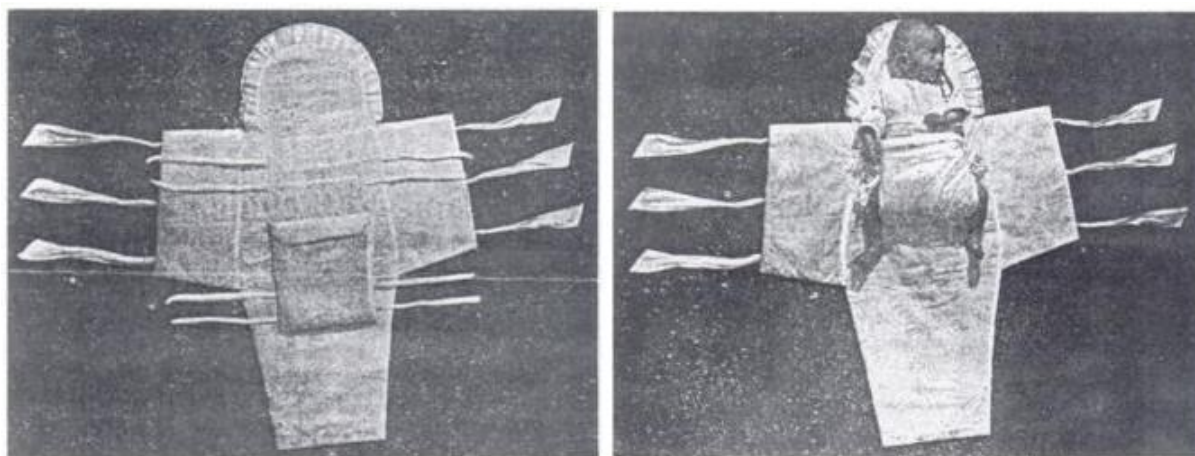
1. obdobie predbežnej trakcie
2. podkožné tenotómie svalov, ktoré neboli dostatočne predĺžené trakciou
3. pokračovanie trakcie na predĺženie väzivových štruktúr
4. manipulovanie pre dosiahnutie repozície
5. liečba na udržanie repozície [6]

Jednou z možností, ako sa pokúšal dosiahnuť stabilnú repozíciu, bolo rozrezanie chrupavky a bočnej steny ilia nad vrchnou časťou acetabula, čo viedlo k priľnavosti chrupavky k iliu. Roku 1866 v Londýne dokonca s touto procedúrou slávil B.E. Brodhurst úspech spolu s prehlásením, že táto operácie nie je nutná u detí s vekom menším ako 2 roky.

7.3 FREJKOVA PERINKA, PAVLÍKOVE STRMENE

Frekvencia výskytu vývojovej dysplázie bedrového kĺbu bola v Českej republike nadpriemerná oproti ostatným krajinám, aj preto sa hovorilo o takzvanej „českej kyčli“. Táto skutočnosť bola podnetom ku kladeniu väčšieho dôrazu v oblasti ortopédie. To sa nakoniec aj vyplatilo, pretože vtedajšia československá ortopedická scéna sa výrazným spôsobom podpísala pod rozvojom v tejto oblasti.

Veľmi významnou osobnosťou bol český ortopéd Bedřich Frejka. Vyštudoval na lekárskej fakulte v Prahe a neskôr sa stal docentom ortopédie v Bratislave. Bol to zakladateľ Masarykovej univerzity v Brne a dlhodobo úzko spolupracoval s Ústavom pre telesne postihnutých v Brne – Královom poli. Veľmi významným bol aj jeho návrh takzvanej Frejkovej perinky z roku 1938 (obr. 12), ktorá bola efektívnejšou modifikáciou Ortolániho zábalu. Perinka bola plnená prachovým perím, zo začiatku bola používaná len ako prevencia a na liečenie subluxácií, no po roku 1945 sa začala používať aj na liečenie luxácií [1].



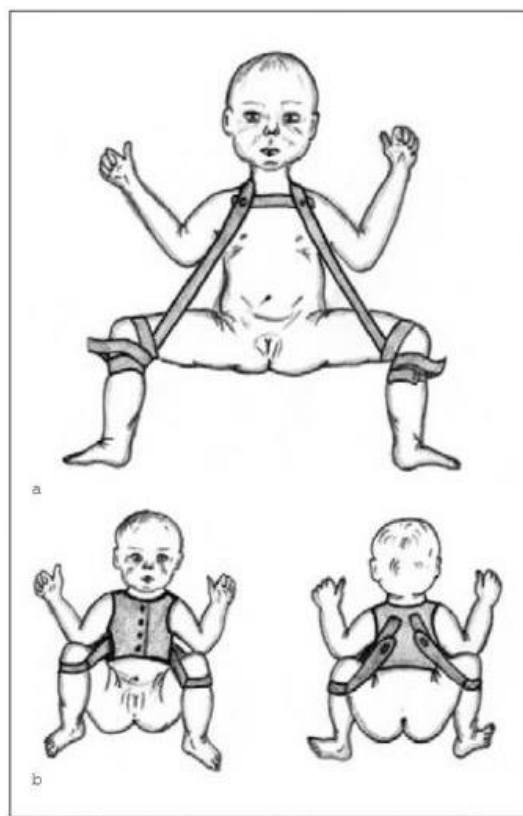
Obr. 12 Frejkova perinka [6]

¹⁸ Operatívne prerezanie šľachy

Ďalším veľkým menom zo zoznamu československých ortopédov je bezpochyby Arnold Pavlík. Bol to český ortopéd, ktorého štúdium prebiehalo na Masarykovej univerzite v Brne, a bolo ukončené dlhodobou stážou na ortopedickom oddelení Ústavu mrzáčků v Královom poli, v tom čase vedenom práve vyššie spomínaným Frejkom. S ním aj neskôr spolupracoval po dokončení vojenskej služby, tentokrát už ale na samostatnej ortopedickej klinike v Brne. Jedným z jeho najvýznamnejších výsledkov bol návrh a výroba vnútrodreňového klinu, ktorý slúžil na stabilizáciu pri skracovacích osteotómiách¹⁹ v oblasti proximálneho femuru. Tento klin bol dokonca patentovaný na Štátnom úrade pre vynálezy. V tom čase bol považovaný za jeden z prvých stabilných vnútrodreňových implantátov pre lokalitu natoľko mechanicky exponovanú. Je tiež uvádzaný ako predchodca moderného isteného klinovania. Ďalším významným Pavlíkovým počinom bolo skoré pohybové liečenie detí v strmeňoch, ktoré si prvý krát dokonca sám nielen navrhol, ale aj vyrobil. S touto metódou a prvými klinickými skúsenosťami potom vystúpil aj na schôdzi Československej spoločnosti ortopedicko – traumatologickej v Prahe v roku 1946 [18]. Trmene boli používané pre nenásilnú repozíciu, ale aj retencie²⁰ luxovaných bedrových kĺbov. V princípe sa odlišovali od predchádzajúcich podobných pomôcok, ako napríklad Le Damanyho traky, alebo takzvané „szelki“, navrhnuté poľským ortopédom Adamom Grucom (obr 13, obr. 14).



Obr. 13 Pavlíkove strmene [27]



Obr. 14 a – Le Damanyho traky, b – „szelki“ [1]

¹⁹ Chirurgický zákrok, v ktorom je kosť rezaná na skrátenie, predĺženie, alebo inú zmenu usporiadania

²⁰ Zadržanie v určitom stave

7.4 KRVAVÉ (OTVORENÉ) REPOZÍCIE

S prichádzajúcim rozvojom vedy a techniky boli k dispozícii aj lepšie anestetiká. V roku 1846 to bol éter – americkí dentisti Wells a Morton, v roku 1867 zavedenie antisepsie operovaním vďaka spreju kyseliny karbolovej – britský lekár Joseph Lister a nakoniec aseptickým režimom priamo na operačnej sále – Semmelweis (1846), Pasteur (1857), Volkmann (1874). Vďaka tomu sa začala rozvíjať aj samotná operačná terapia u kĺbov postihnutých luxáciou [1].

Prvá krvavá repozícia však dopadla neúspešne, po tom ako sa o ňu pokúsil Margary v roku 1882 na 15 ročnom chlapcovi, ktorý neskôr umrel na následky pooperačnej sepsy²¹. O najväčší rozvoj otvorenej repozície dislokovaného bedra sa podpísal nemecký chirurg Albert Hoffa. Vychádzal v nej z Langenbeckovho prístupu, kde prekonával odpor pelvifemorálneho svalstva tým, že ho preťal. Bol názoru, že pre najlepšie výsledky operácie ju treba previesť čo najskôr, teda u mladých detí. Neodporúčal ju vykonávať u dospelých detí a dospelých. Jeho sľubnú kariéru ukončila predčasná smrť v 48 rokoch života [6].

Hoffova metóda operácie bola modifikovaná jeho viedenským rivalom Adolfom Lorenzom, ktorý bol v tomto čase veľkým zástancom otvorených redukcií kongenitálne dislokovaných bedrových kĺbov. Kariéru mu značne skomplikovala nepríjemná kožná reakcia, ktorú vyvolala agresívna aseptická príprava rúk používajúca sa v tých časoch. Zmena prišla so zavedením gumených rukavíc v roku 1889, vďaka čomu mohol začať znova operovať. Jeho technika spočívala v jednorázovom reponovaní²² luxovaných bedrových kĺbov, na ktoré následne prikladal po repozícii sádrovú spiku, a to v 1. Lorenzovom postavení²³. V niektorých literatúrach dostal nechcený prívlastok ako „otec avaskulárnej nekrózy“²⁴ z dôvodu výskytu častých komplikácií. V nasledujúcich rokoch, poučený zhoršenými výsledkami predchádzajúcich operácií, začal reponovať z predného prístupu [1].

Jan Zahradníček, prednosta 1. ortopedickej kliniky v Prahe, bol významnou osobnosťou v oblasti ortopédie, vďaka ktorému zaujala česká ortopédia v tej dobe popredné postavenie vo svete. Veľmi zdôrazňoval nevyhnutnosť naprávania uhlových pomerov na hornom konci femuru, či už valgozity, alebo anteverzie²⁵. Vyvinul dokonca originálnu chirurgickú techniku, ktorá spočívala v trojcipej incízii, v ktorej vychádzal z Ollierovho prístupu, predĺženého distálne v osi femuru, v pertrochanterickej osteotómii femuru spolu s vytiatím klinu, korigujúceho valgozitu a anteverziu a osteosyntéze trojlamelovým klinom. Bedrový kĺb otváral k vlastnej krvavej repozícii až po osteotómii femuru. Vyrezal pulvinar a ligamentum teres, na čo následne vytínal klin z femuru a vykonával osteosyntézu²⁶ trojlamelovým klinom a drôtenou kličkou. Len vo výnimočných prípadoch pripájal ku krvavej repozícii aj osteoplastickú striešku [1].

²¹ Infekcia, spojená so zápalom

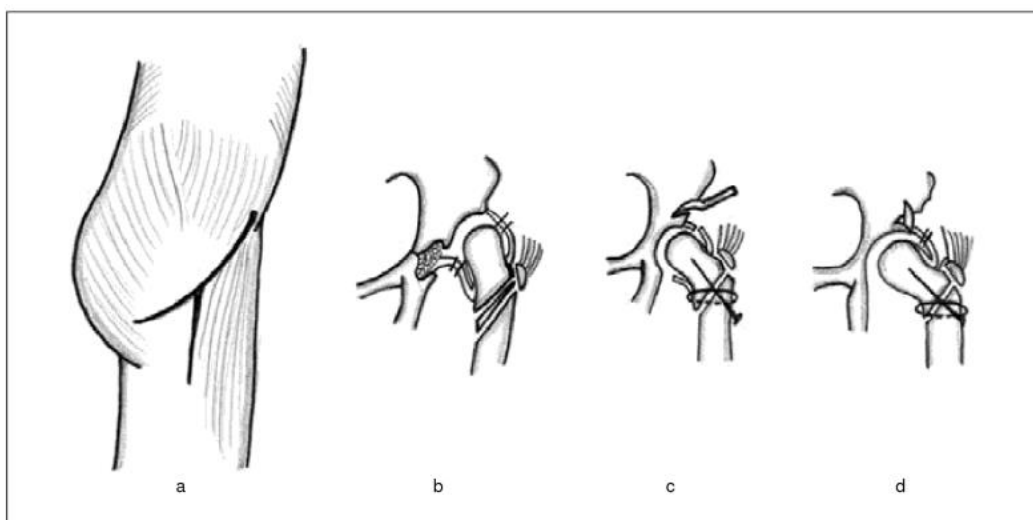
²² Podobne ako v prípade repozície ide o uloženie na pôvodné miesto

²³ Postavenie, v ktorom je ako flexia, tak aj abdukcia 90°

²⁴ Bunková smrť kostných elementov, z dôvodu nesprávneho krvného zásobenia

²⁵ Sklon dopredu

²⁶ Stabilizácia kostných fragmentov pomocou kovových implantátov



Obr. 15 Rekonštrukcia bedrového kĺbu podľa Zahradníčka: a – originálny rez, b – krvavá repozícia a pertrochanterická osteotómia, c – fixácia trojlamelovým klinom a cerklážou, d – sklopná strieška, zaistená štepom z holennej kosti [1]

8. SÚČASNÉ REKONŠTRUKCIE ACETABULA

Rekonštrukcia acetabula, tiež známa pod pojmom acetabuloplastika, je typ ortopedického zákroku na bedrovom kĺbe, ktorej cieľom je spravidla zväčšenie stykovej plochy medzi kĺbovou jamkou (acetabulum) a hlavicou stehennej kosti pri nedokonalom krytí hlavice, ktorá nie je hrubo deformovaná a nie je v postavení marginálnej luxácie, prípadne luxácie [1]. To v konečnom dôsledku vedie k zvýšeniu stability takéhoto kĺbu. Dôvodom, ktorý vedie k nutnosti tohto zákroku býva najčastejšie nedostatočne vyvinutý bedrový kĺb (DDH), a to po nezdare predchádzajúcej uzatvorenej liečby²⁷.

Pri týchto operáciách existuje niekoľko typov prístupov. Prvým z nich je mediálny, v ktorom rozoznávame ďalšie dva typy, a to Ludloffov, alebo tiež anteromediálny, a posteromediálny Fergusonov prístup. Rozdiel medzi nimi je v smere preparácie. Ludloffov prístup ide ventrálne od musculus adductor brevis pred, alebo za musculus pectineus, pričom odhaľuje musculus iliopsoas spolu s puzdrom bedrového kĺbu. Naproti tomu Fergusonov prístup preniká priamo k puzdru bedrového kĺbu medzi musculus adductor brevis a musculus adductor magnus. Najlepšiu expozíciu acetabula však poskytuje veľmi populárny predný prístup. Ďalšími výhodami sú sprístupnenie vnútrokĺbnych štruktúr a možnosť aplikácie kĺbneho puzdra. Je však treba dodať, že tento prístup sa vyznačuje aj nevýhodami, ako napríklad rozsiahlejšia preparácia, dochádza pri ňom k väčším stratám krvi, náročnejší prístup k musculus iliopsoas a náročnejšia expozícia ligamentum transversum acetabuli. Veľmi málo známym je anterolaterálny prístup, populárny najmä v Japonsku vďaka Tanabemu. Posledným prístupom je laterálny, od ktorého používania bolo upustené z dôsledku naväzujúcich rastových porúch proximálneho femuru [1].

8.1 SALTEROVA OSTEOTÓMIA

Azda najrozšírenejšou operáciou, ktorá slúži k napraveniu nedostatočne rozvinutého acetabula je Salterova innominatívna osteotómia. Bola popísaná v roku 1961 kanadským chirurgom špecializujúcim sa na detskú ortopédiu, Robertom Brucom Salterom, ako metóda, ktorá mala zaistiť repozície vrodeného subluxovaného a luxovaného bedrového kĺbu pre deti staršie ako 18 mesiacov. Pri tom vychádzal z presvedčenia, že hlavným dôvodom nestability u dysplastických bedrových kĺbov bolo nesprávne postavenie acetabula, ktoré bolo oproti fyziologickému stavu otvorené viac do anterolaterálneho smeru [1].

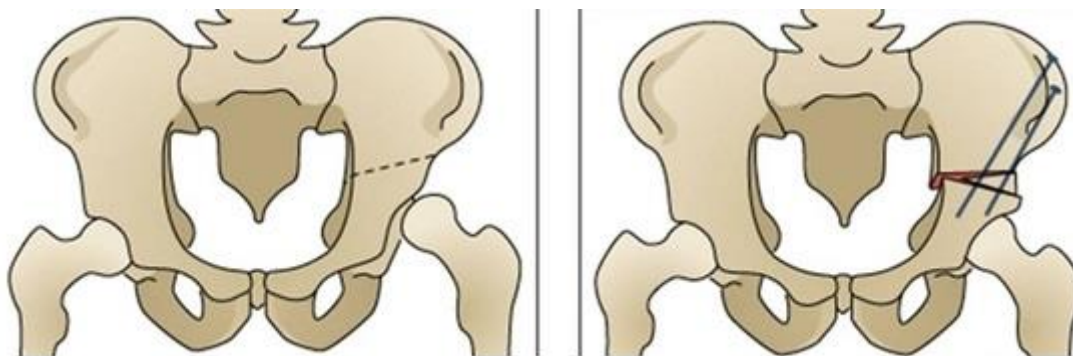
Princípom tejto metódy je rotácia acetabula okolo symfýzy²⁸. Operuje sa najčastejšie z bikini incízie (lína operačného rezu), kopírujúcej priebeh hrebeňa bedrovej kosti a je umiestnená jemne pod ňou. Následne na to pokračuje pod spina iliaca anterior superior v rovnakom smere mediálnym smerom. Bedrová kosť, ktorej obnažený hrebeň je krytý chrupavkovitou apofýzou²⁹, je odpreparovaná a zosunutá mediálne, a to vrátane musculus iliacus. Ako ďalšie nasleduje laterálne odklopenie origo gluteálnych svalov spolu so

²⁷ Tiež známa pod pojmom konzervatívna liečba, kde nedochádza k rozrezaniu časti ľudského tela (napr. trakčné prístroje, viď kap. 7)

²⁸ Chrupavkovité spojenie kostí

²⁹ Kostný výrastok, na ktorý sa ďalej upína šľacha svalu

subperiostálnym obnažením bedrovej kosti v smere do incisura ischiadica. Pokračovanie kaudálne a mediálne, po preťatí povrchovej plochy sa od seba rozhrnú vlákna musculus tensor fasciae latae a musculus sartorius, ktoré sa odseknú pri ich začiatku od spina iliaca anterior superior. V dolnej časti sa nachádza šľacha pars recta musculus femoris, od ktorej sa mediálne cez spina liaca prstom vniká do panvy, kde sa nahmatáva musculus iliopsoas. Vzhľadom na to, že šľachovitá časť, ktorá odpovedá musculus psoas major, sa nachádza vzadu, je nutné sval pri flexii vyrezať. Šľachovitá časť svalu sa pretína priečne. Až potom je vhodné raspatóriom³⁰ so zahnutým koncom vnikáť subperiostálne do incisura ischiadica z obidvoch strán. Malý, dobre prešitý tampón, na ktorý je pripevnená Gigliho pílka, sa prevlieka cez incisura ischiadica pomocou peánu³¹ so zahnutým koncom. Bedrová kosť je pretínaná v innominálnej línii, pričom oba fragmenty sa uchopia do klieští a vykonáva sa ťah, hlavne na kaudálny fragment. Ten sa vyklopí zvonku, dopredu a dolu, pomocou kostného dláta, zapretého v osteotómii. Trojuholníkový kostný štep sa vyrezáva z lopaty bedrovej kosti a vkladá sa do otvoreného kostného klinu v už korigovanej polohe acetabula [2].



Obr. 16 Salterova innominatívna osteotómia [28]

Indikáciami, vedúcimi k Salterovej osteotómii boli podľa pôvodnej práce (1961) kongenitálne luxácie medzi vekom 18 mesiacov až 6 rokov, alebo kongenitálne subluxeácie od 18 mesiacov až do dospelosti. To v prípade primárnej operácie, ale rovnako tak aj reoperácie v situácii, kedy bola neúspešná nejaká iná liečba. Postupom času pribúdali aj ďalšie stavy, ako napríklad paralytické luxácie a subluxeácie, následkom poliomyelitídy³², patologické luxácie a subluxeácie po predchádzajúcich koxitídach³³ a podobne. Od roku 1965 sa indikácie rozšírili dokonca aj na niektoré vhodné prípady Perthesovej choroby [1].

Na základe dlhoročných skúseností neskôr Salter stanovil podmienky úspešného pooperačného výsledku. Vynechanie ktoréhokoľvek z nich automaticky znamenalo menšie šance na úspech, alebo prípadné následky:

- možnosť stiahnutia hlavice na úroveň acetabula. Pred operáciami luxácie musí prebiehať trakcia po dobu minimálne 2 týždňov

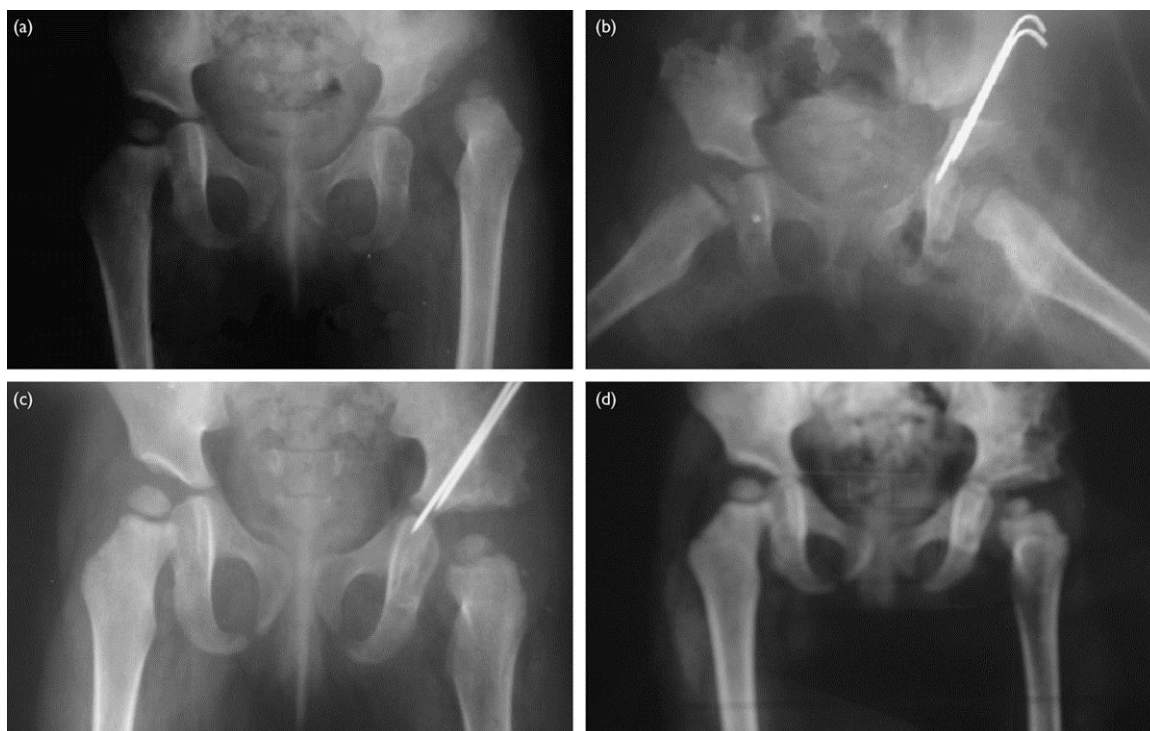
³⁰ Chirurgický nástroj na odstraňovanie okostice

³¹ Pomôcka pre zastavenie krvácania

³² Detská mozgová obrna

³³ Zápal bedrového kĺbu

- podmienka uvoľnenia kontraktúry adduktorov a musculus iliopsoas, ktorá je platná pre všetky indikácie
- dosiahnutie úplnej centrickej repozície hlavice do pôvodného stavu acetabula. Nemožno očakávať dobrý výsledok zákroku pri ponechaní hlavice v neokotyle³⁴
- existencia primeranej kongruencie medzi jamkou a hlavicou. Výrazná inkongurencia totižto obmedzuje pohyb a môže dokonca viesť k predčasnej artróze
- dostatočný rozsah pohybu bedrového kĺbu. Samotná osteotómia len nevýrazne mení rozpätie pohybu, nie však jeho rozsah.
- poslednou podmienkou je vhodný vek. Vo veku menej ako 18 mesiacov je operácia nevhodná z dôvodu neustáleného vývoja [1].



Obr. 17 Salterova osteotómia u 22 mesačného dieťaťa, a – pred operáciou, b – 2 mesiace po operácii, c – 6 mesiacov po operácii, d – 18 mesiacov po zákroku [29]

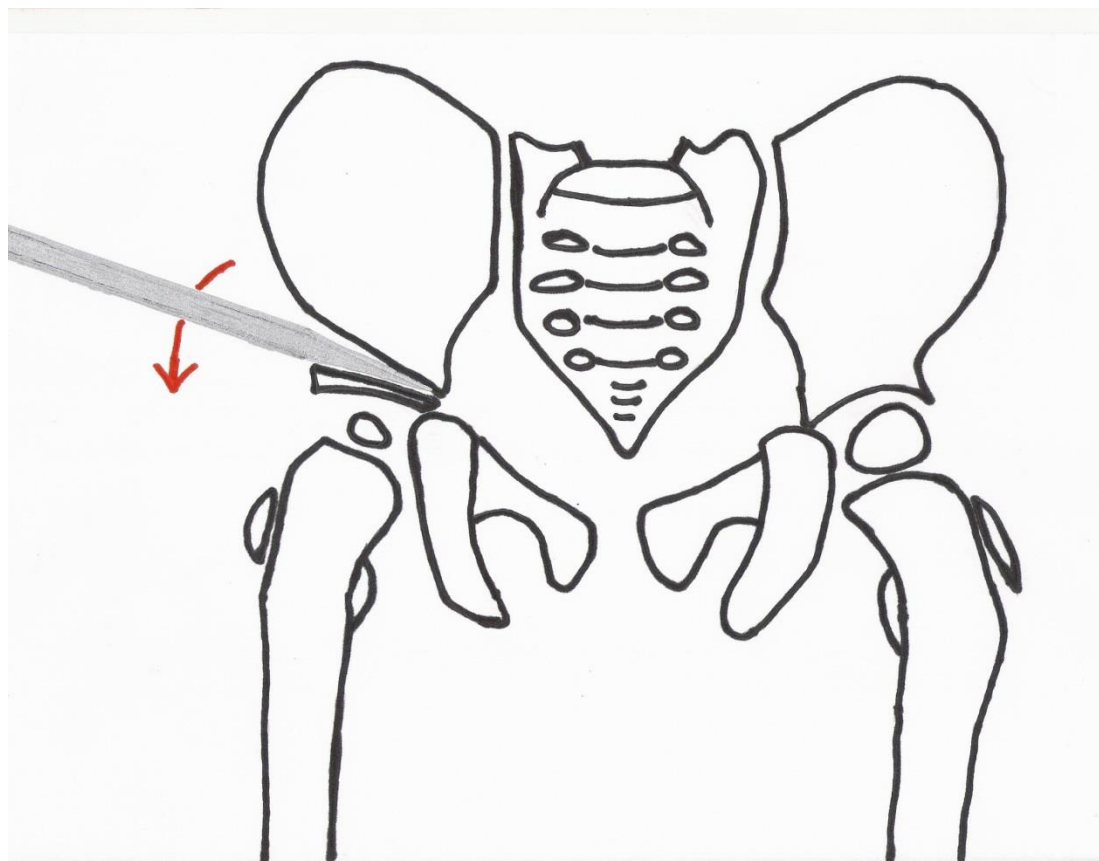
8.2 PEMBERTONOVA OSTEOTÓMIA

Vzhľadom na to, že ďalšie opisované osteotómie sa postupom až tak veľmi neodlišujú oproti vyššie spomínanej Salterovej osteotómii, tak tieto postupy nebudú až tak detailne popisované, ako tomu bolo v prípade Salterovej osteotómie.

Paul Pemberton bol americký ortopéd, ktorý v roku 1965 popísal typ osteotómie, v ktorej vychádzal z presvedčenia, že vhodným riešením pre väčšinu pacientov medzi 7. a 8. rokom života nie je len krvavá repozícia. Acetabulum v tomto veku už totižto nemá kapacitu k premodelovaniu, tým pádom operovanie striešky nebude dostačujúce k tomu, aby sa zabránilo prednej dislokácii caput femoris. Bolo zjavné, že acetabulárny defekt, dovoľujúci

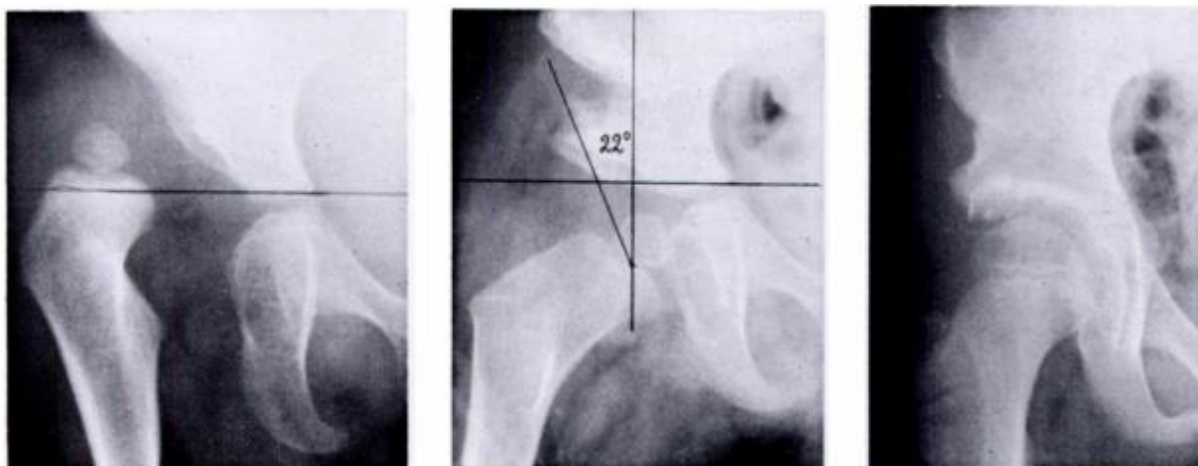
³⁴ Sekundárna kĺbna jamka, tzv. falošné acetabulum

vycestovať hlavici, nebol príčinou iba relatívne plytkej jamky, ale aj nevhodným postavením povrchu acetabula, mieriaceho dopredu a laterálne. Ďalším dôvodom bola u luxovaných bedrových kĺbov malá veľkosť hlavice femuru v pomere k acetabulu a u subluxovaných bedrových kĺbov to bolo zase acetabulum priveľké v porovnaní s normálnou veľkosťou hlavice femuru. Z toho plynula potreba v takýchto prípadoch adekvátnym spôsobom stabilizovať bedrový kĺb, a to doslova zabalením, tiež známym pod pojmom wrapping, hlavice femuru do acetabula. Vhodnosť metódy je určená na základe veku, a to pre deti nad 12, ideálne však až po 18 mesiacoch. Z hornej hranice je vek ohraničený uzavretím Y chrupavky, čo nastáva niekde medzi 8. až 14. rokom života [1].



Obr. 18 Schematické znázornenie Pembertonovej osteotómie [30]

Podstatou operácie je preťať lopatu bedrovej kosti oblúkovito, a to tesne nad acetabulom, pričom sa končí v zadnom ramienku Y chrupavky. Následne je acetabulum sklápané dopredu a von. Zaistované je potom v korigovanej polohe štepom z panvy, prípadne sa neskôr ešte fixuje K-dróťmi. Dôležitým predpokladom pre túto operáciu je dostatočná veľkosť acetabula, pretože po tomto zákroku je zmenšený jeho vnútorný objem. V porovnaní so Salterovou osteotómiou je tento zákrok oveľa technicky náročnejší [2].



Obr. 19 Výsledky Pembertonovej osteotómie, vľavo – pred operáciou, v strede je znázornený röntgenový snímok po 2 mesiacoch od operácie, vpravo je vidieť stav po 9 rokoch od operácie [19]

Indikácia Pembertonovej osteotómie stúpa v prípade, že sa koncentricky redukovaná hlavica femuru pohne do excentrickej pozície, z dôvodu nakláňajúcej sa časti ilie plytkého acetabula. Pemberton vzniesol požiadavku na včasné uznanie hroziaceho zlyhania konzervatívnej liečby, pretože oneskorenie správnej liečby by bolo veľkou chybou [19].

8.3 DEGOVA OSTEOTÓMIA

Autorom tejto techniky, tiež známej pod pojmom supraacetabulárna transilikiálna osteotómia, je poľský ortopéd, Wiktor Dega, ktorú popísal v roku 1964. V porovnaní so Salterovou osteotómiou je priebeh línie osteotómie viac približený stropu acetabula a pretína vnútorný kortikalis. Na rozdiel od Pembertonovej osteotómie nezasahuje do Y chrupavky. Štep sa buďto odoberá z lopaty bedrovej kosti, alebo sa použije aloštep, podľa ktorého veľkosti a umiestnenia je zlepšované krytie hlavice vpred, prípadne vzadu. Princípom techniky je vytvoriť zo stropu acetabula osteochondrálnu tvarovateľnú lamelu, ktorú je vďaka sklopeniu možno rozložiť okolo hlavice [1].



Obr. 20 Schematické znázornenie Degovej osteotómie [31]

Problematickou časťou tejto operácie je doseknutie vnútornej lamely pomocou dláta tak, že toto dláto neprenikne až dovnútra panvy, kde hrozí veľké riziko cievneho poranenia. V dôsledku toho sa táto vnútorná lamela nedosekávala dlátom, ale dolamovala sa páčením. Keď bolo toto dolomenie dostatočné, tak prevedenie acetabulárneho fragmentu do korigovaného postavenia kaudálne a laterálne bolo jednoduché. Podobne, ako je tomu v Pembertonovom prístupe, znižuje Degova osteotómia vnútorný objem acetabula, čo v prípade prítomnej deformity coxa magna³⁵ nevedie k dostatočnej centrácii hlavice. To aj v prípade vynikajúceho pooperačného výsledku, kedy sa korigovaná strieška v mnohých prípadoch neudrží [2].

Degova metóda sa osvedčila ako acetabuloplastika u detí vo veku, kedy už boli schopné chodenia. Je však treba zdôrazniť, že u detí, ktoré už majú viac ako 9 rokov, je problém s oveľa menšou ohybnosťou symfýzy, vďaka čomu nie je možná dostatočná korekcia. Z toho dôvodu je vhodné zvoliť nejakú inú metódu.

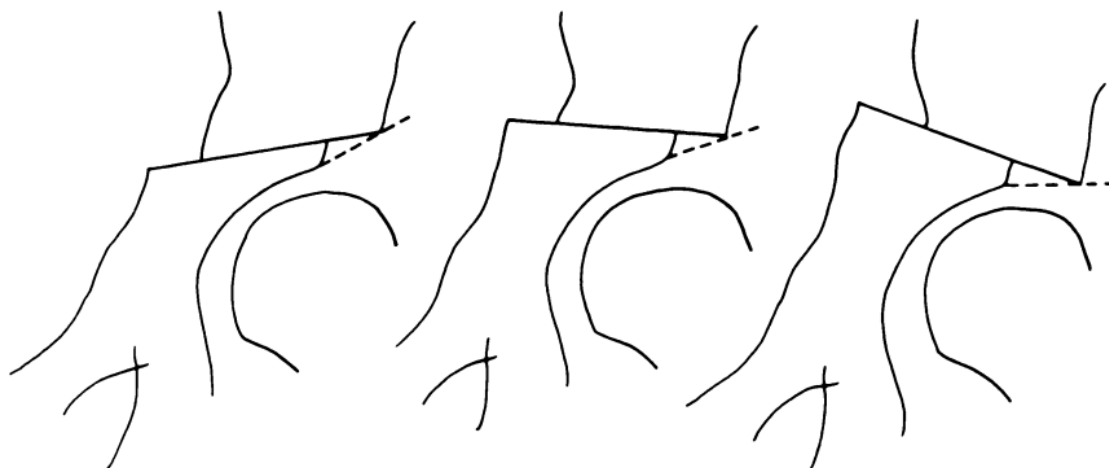


Obr. 21 Porovnanie snímkov – vľavo predoperačný stav, na ktorom je CE uhol v jednom prípade 11° a v druhom prípade 15° , vpravo snímok po Degovej osteotómii, kde je CE uhol veľký 35° [32]

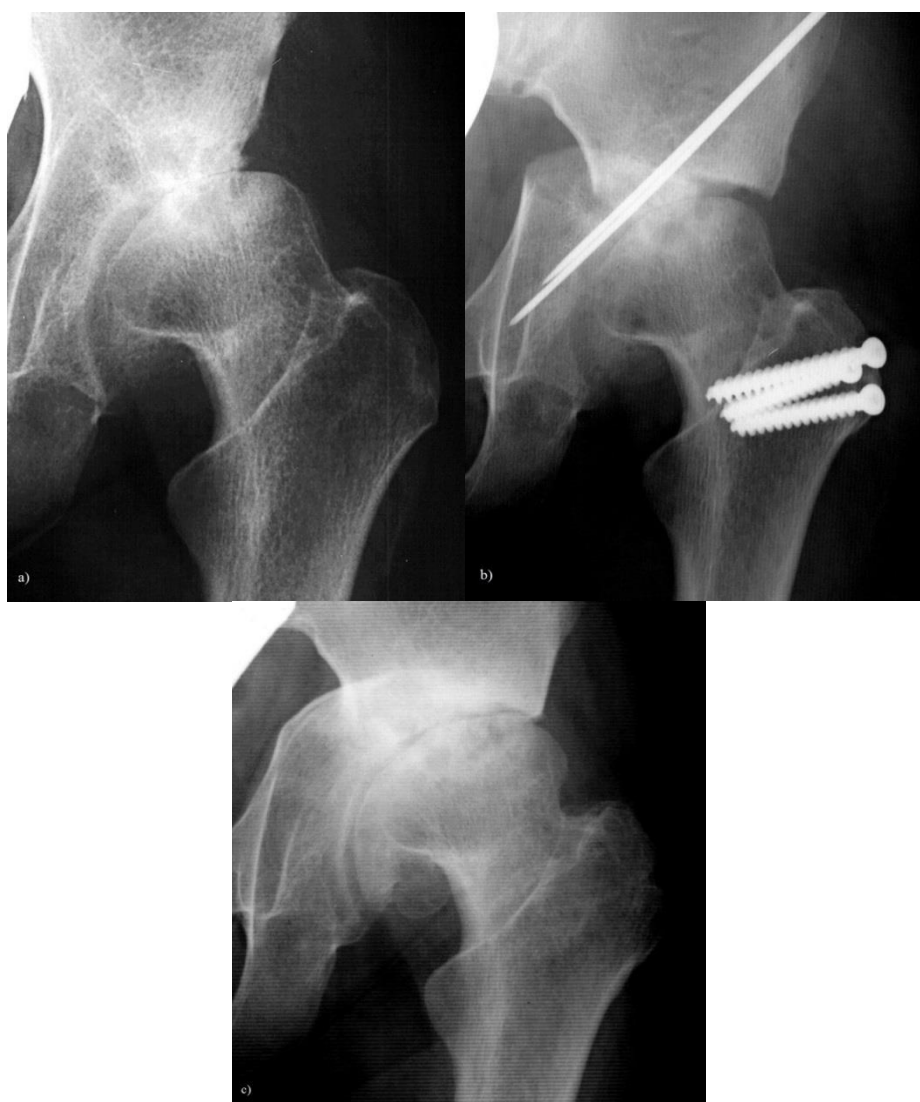
8.4 CHIARIHO OSTEOTÓMIA

Zaviedol ju v roku 1950 do klinickej praxe rakúsky ortopéd, Karl Chiari. Principiálne spočíva v preseknutí panvovej kosti, a to tesne nad acetabulom v mediálnom smere a vzostupnej línii, na čo sa následne medializuje dolný fragment. Hlavica je potom krytá pomocou dolnej plochy horného fragmentu, vzniknutého osteotómiou. Kĺbne puzdro, ktoré sa neskôr mení na väzivovú chrupavku, je potom interponované medzi spomínanú hlavicu a horný fragment. Fixácia sa prevádza buďto pomocou šróbov, alebo K-drôtov. Je tu ešte možnosť efekt trochu vylepšiť pomocou pridania ďalšieho štepu, alebo zmenou rezu osteotómie z priameho na oblúkový, čo vedie k zväčšeniu kontaktnej plochy medzi acetabulom a hlavicom femuru [2].

³⁵ Deformácia hlavice femuru, v podobe jej zväčšenia



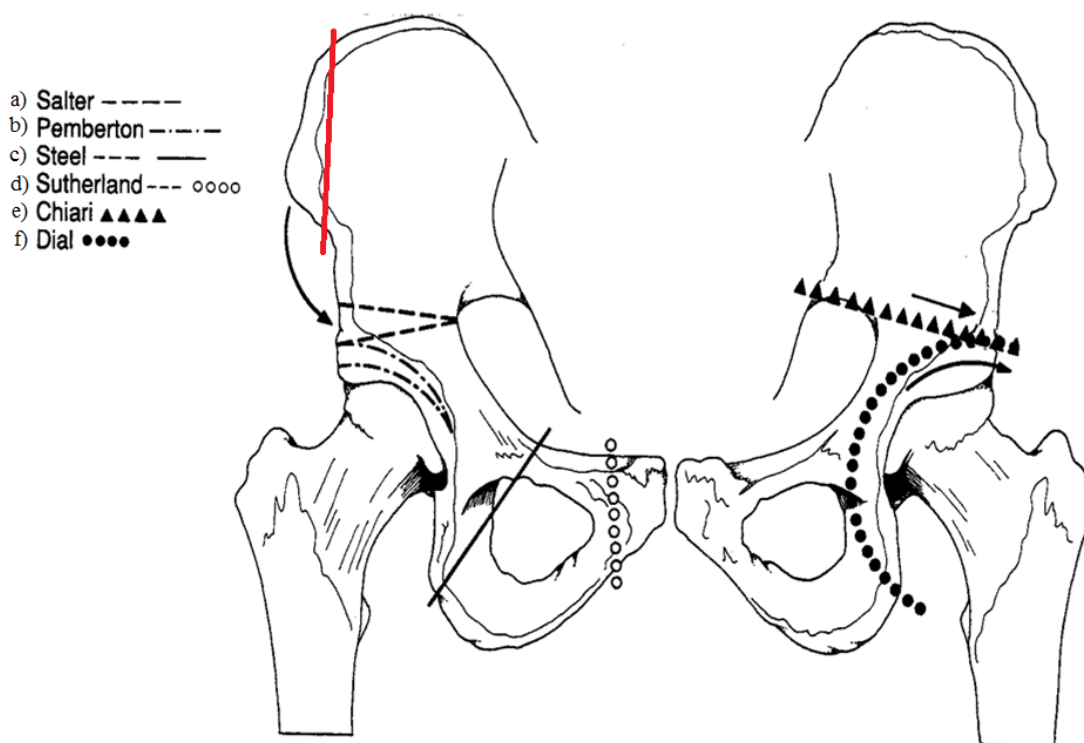
Obr. 22 Schematicky znázorňuje metódu Chiariho osteotómie, spolu s porovnaním rôznych prevedení, ktoré sú závislé na uhle osteotómie [20]



Obr. 23 a) – RTG snímka pacienta so subluxovanou a deformovanou hlavicou femuru pred zákrokom, b) – snímka pacienta po 2 týždňoch od operácie vykazuje oveľa lepšie krytie hlavice femur, c) – 10 rokov po operácii je vidieť vynikajúcu zhodu acetabula s hlavicou [33]

Technika Chiariho osteotómie bola postupom času u malých detí nahradená metódami ako boli Salterova, alebo Pembertonova. Avšak u pacientov vo veku nad 10 rokov, u ktorých sa vyskytovali symptómy, poukazujúce na skorú sublúxiu hlavice femuru nahor, alebo nadol, bola práve jedinou možnosťou, ponúkajúcou výhody, Chiariho osteotómia [20].

Zdroje uvádzajú, že medializáciou panvy o 1,5 cm, dochádza k poklesu zaťaženia hlavice v stoji na jednej končatine zhruba o 1/8. Je však dôležité poznamenať, že šikmý priebeh rezu osteotómie má určitý vplyv na mierne skrátenie končatiny. V prípade prílišného kraniálneho dislokovania hlavice a možnosti zasiahnutia sakroiliakálneho kĺbu osteotómiou, je tento výkon kontraindikovaný, z dôvodu nemožného dosiahnutia medializácie [1].



Obr. 24 Schematické znázornenie rôznych typov osteotómii podľa autorov, a) – Salter, b) – Pemberton, c) – Steel, d) – Sutherland, e) – Chiari, f) – Dial [34]

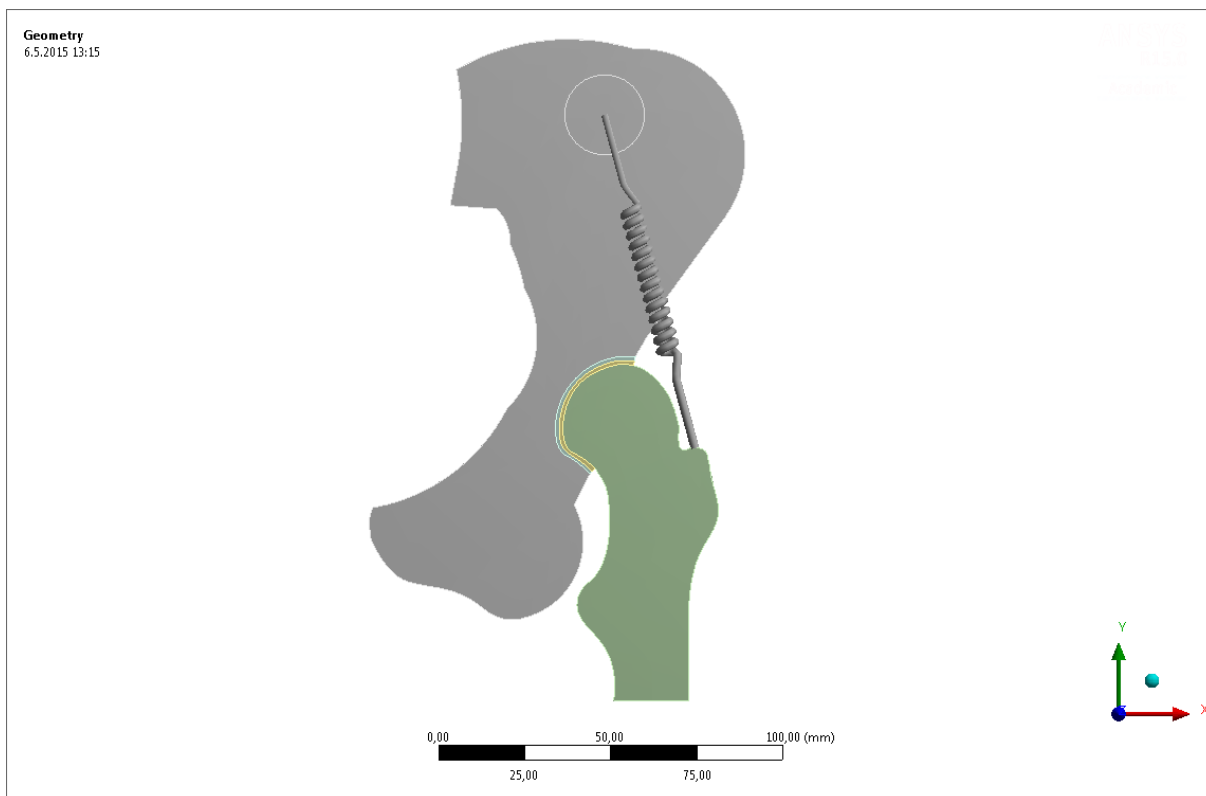
9. TVORBA VÝPOČTOVÉHO MODELU

Nasledujúca kapitola bude venovaná popisu tvorby jednoduchého výpočtového modelu bedrového spojenia, so zameraním na určenie rozloženého stykového tlaku medzi hlavicou femuru a acetabulom. V bakalárskej práci budú vytvorené dva modely. Jeden pre fyziologický a druhý pre patologický stav. Následne bude prevedená kvalitatívna porovnávacia analýza výsledkov mechanických veličín, predovšetkým kontaktného tlaku.

Tvorba výpočtového modelu bude detailne popísaná pre model patologického bedrového spojenia. Vzhľadom k tomu, že postup vytvárania modelu fyziologického kĺbu je takmer identický, popis tvorby fyziologického modelu bude veľmi stručný. Výpočtové modely sú vytvárané pre výpočty MKP pomocou programu ANSYS.

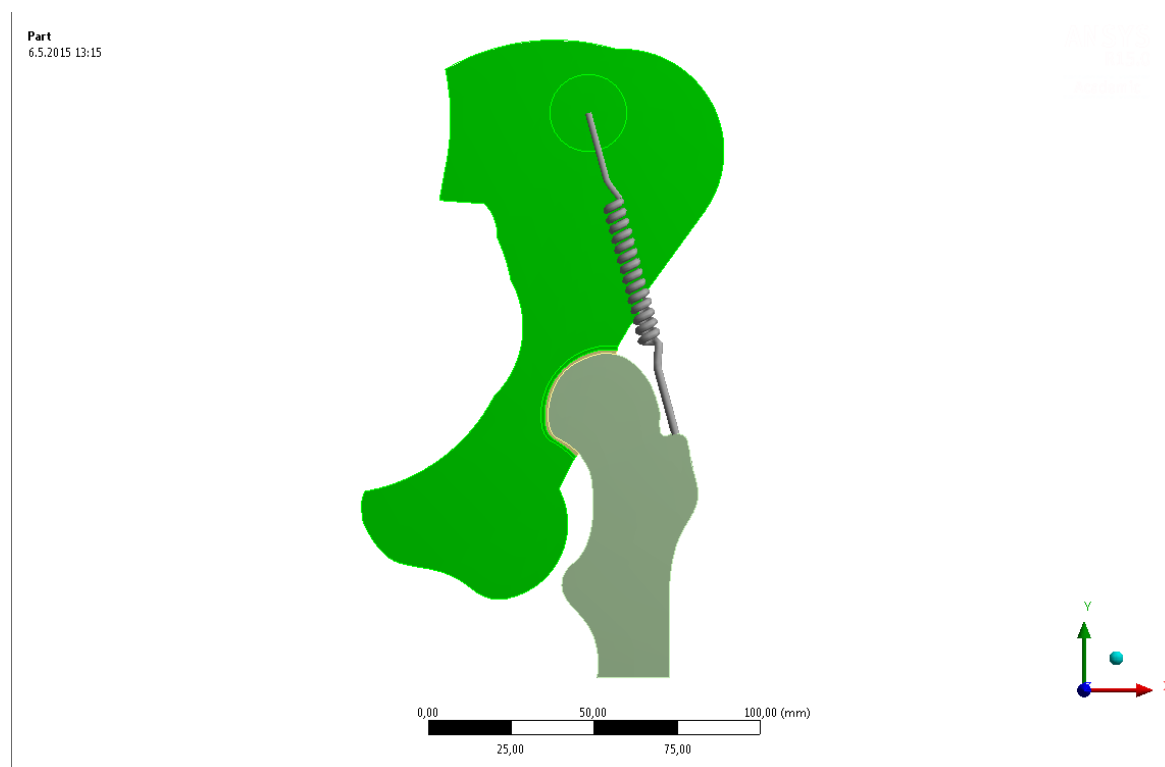
9.1 MODEL GEOMETRIE

Model geometrie je vytvorený na základe informácií z röntgenového snímku pätnásťročného dievčaťa. Bol vybraný snímok pacienta s jedným bedrovým kĺbom patologickým a druhým fyziologickým tak, aby bolo možné následne urobiť kvalitatívnu porovnávacu analýzu. Z röntgenového snímku bola vytvorená geometria jednotlivých prvkov bedrového spojenia, vrátane chrupaviek. Model geometrie je vidieť na obr. 25.

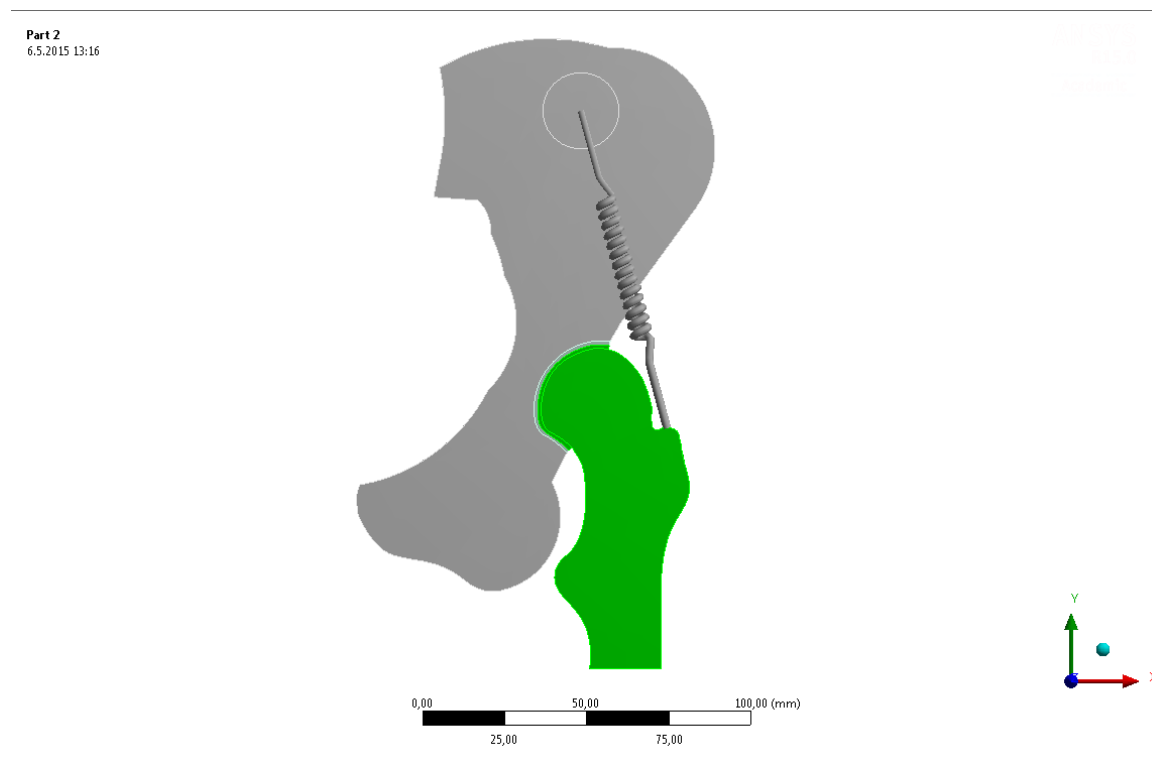


Obr. 25 Model geometrie

V ďalšom kroku boli vytvorené party, z tomu odpovedajúcich častí – prvý part tvorí panva spolu s jej príslušnou chrupavkou a druhú časť tvorí stehenná kosť s opäť jej príslušnou chrupavkou (obr. 26, obr. 27).



Obr. 26 Part 1



Obr. 27 Part 2

9.2 MODEL MATERIÁLU

Materiálové vlastnosti prvkov bedrového spojenia sú veľmi zložité. Jednotlivé prvky obsahujú spongiózne a kortigálne kostné tkanivo a chrupavku. Youngov modul pružnosti kortikálneho kostného tkaniva sa pohybuje približne okolo hodnoty 17000 MPa, no naproti tomu spongiózne kostné tkanivo má modul pružnosti približne len 2000 MPa. Vzhľadom k zjednodušenej úrovni výpočtového modelu bol pre materiál všetkých prvkov použitý izotropný a lineárne pružný model. Na základe rešeršnej štúdie boli pre materiál jednotlivých prvkov použité tieto hodnoty materiálových charakteristík: kostné tkanivo – Youngov modul pružnosti 12000 MPa, Poissonov pomer 0,4 a pre chrupavku platí Youngov modul pružnosti 50 MPa a Poissonov pomer 0,3 vid' obr. 28.

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data	source		Description	1	Contents of Engineering Data	source		Description
2	Material				2	Material			
3	chrupavka				3	chrupavka			
4	kost				4	kost			
Properties of Outline Row 3: chrupavka					Properties of Outline Row 4: kost				
	A	B	C			A	B	C	
1	Property	Value	Unit		1	Property	Value	Unit	
2	Isotropic Elasticity				2	Isotropic Elasticity			
3	Derive from	Young's...			3	Derive from	Young's...		
4	Young's Modulus	5E+07	Pa		4	Young's Modulus	1,2E+10	Pa	
5	Poisson's Ratio	0,3			5	Poisson's Ratio	0,4		
6	Bulk Modulus	4,1667E+07	Pa		6	Bulk Modulus	2E+10	Pa	
7	Shear Modulus	1,9231E+07	Pa		7	Shear Modulus	4,2857E+09	Pa	

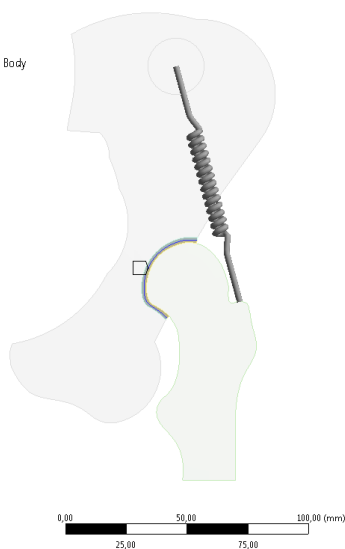
Obr. 28 Materiálové charakteristiky

9.3 KONTAKT

V prípade fyziologického kĺbu so synoviálnou tekutinou sú pasívne odpory v styku hlavice stehennej kosti a acetabula minimálne, preto medzi jednotlivými chrupavkami bol vytvorený kontakt typu frictionless (bez trenia, obr. 29).

Frictionless - Surface Body To Surface Body
6.5.2015 13:17

Frictionless - Surface Body To Surface Body

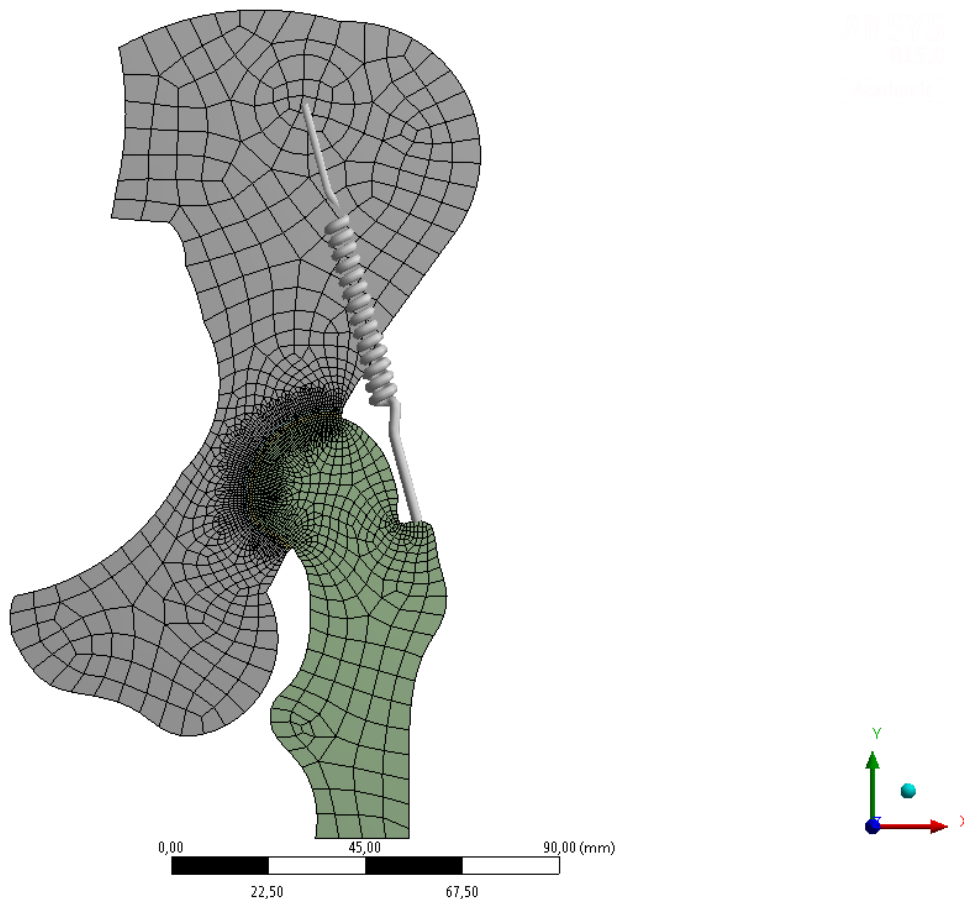


Obr. 29 Kontakt

9.4 DISKRETIZÁCIA

Dôležitým prvkom pri dosiahnutí pokiaľ možno čo najpresnejších výsledkov je voľba siete. V tejto úlohe bola problematická časť práve v mieste kontaktu, a preto v ňom bola sieť upravená cez príkaz sizing, kde bola navrhnutá veľkosť prvku 0,5 mm (obr. 30).

Mesh
6.5.2015 13:19



Obr. 30 Sieť

9.5 ZAŤAŽENIE A OKRAJOVÉ PODMIENKY

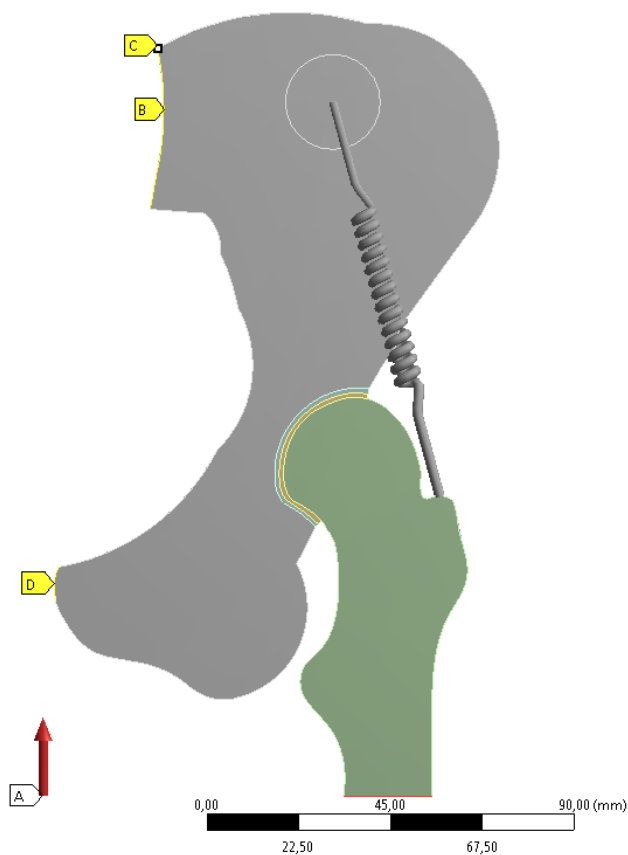
Okrajové podmienky spolu so zaťažением sú veľmi podstatnou súčasťou každej úlohy, pretože nevhodne určené na základe analýzy udávajú v podstate úplne inú úlohu, ako bolo požadované. Táto analýza obsahovala niekoľko okrajových podmienok typu displacement a zaťaženie pomocou remote force. Okrajová podmienka B bola zadaná na hranu a bol v nej zamedzený pohyb v smere osi x, podobne tak tomu bolo aj v podmienke D. Posledná podmienka C bola zadávaná do bodu, zamedzujúc pohyb ako v osi x, tak aj v osi y. Na spodnú hranu stehennej kosti pôsobí tiaž človeka, ktorá je vyjadrená silou, ale rovnako tak aj moment, ktorý túto silu posúva do osi ľudského tela. Spomínaná dvojica bola jednoducho nahradená silou typu remote force o veľkosti 5N – keďže ide o 2D úlohu, posunutou do stredovej osi (obr. 31). Ďalším dôležitým faktorom bolo pôsobenie svalových abduktorov (viď kap. 5) upínajúcich sa na veľký trochanter. Tie boli zjednodušene nahradené pružinou o vysokej tuhosti – 10×10^6 N/m (obr 32).

A: Static Structural

Static Structural

Time: 1, s

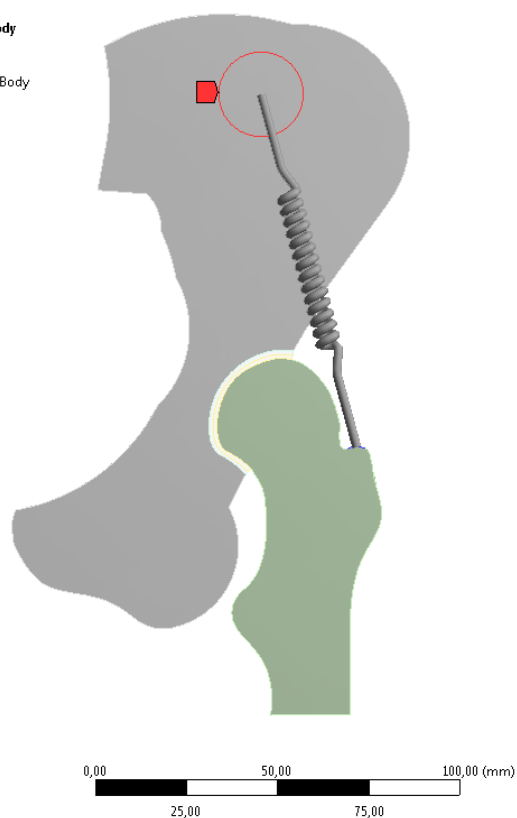
6.5.2015 13:19

A Remote Force: 5, N**B** Displacement**C** Displacement 2**D** Displacement 3

Obr. 31 Okrajové podmienky, zaťaženie

Longitudinal - Surface Body To Surface Body

6.5.2015 13:18

Longitudinal - Surface Body To Surface Body

Obr. 32 Náhrada svalových abduktorov

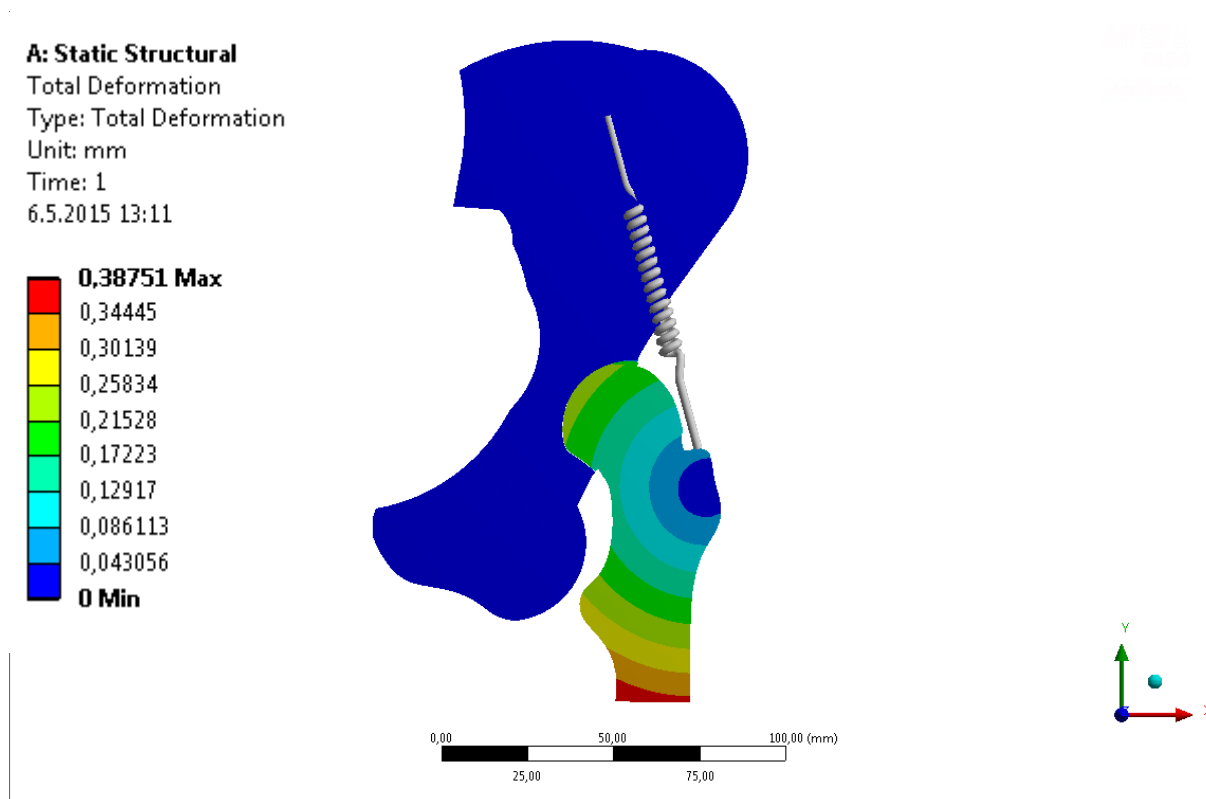
10. PREZENTÁCIA VÝSLEDKOV A ANALÝZA RIEŠENIA

Pôjde o prezentáciu výsledkov a možnosť porovnania zaťaženia a deformácií medzi patologickým a fyziologickým stavom bedrového kĺbu. Je treba pripomenúť, že tento výpočtový model je vo veľkej miere zjednodušený a podáva iba orientačné výsledky a nie výsledky reálne.

Nasledujúca kapitola bude venovaná prezentácii a analýze výsledkov. Cieľom riešenia je kvalitatívne porovnanie mechanických veličín, ktoré sú významné z hľadiska biomechanického posúdenia patologicky vyvinutého bedrového spojenia, predovšetkým bedrovej striešky. Jedná sa o komplexný problém, ktorého príčina môže byť okrem vývojových porúch a úrazov tiež malé namáhanie kostného tkaniva.

10.1 PREZENTÁCIA VÝSLEDKOV

Ako prvá bola vyhodnocovaná celková deformácia (obr. 33, obr. 34).



Obr. 33 Celková deformácia patologického kĺbu

A: Static Structural

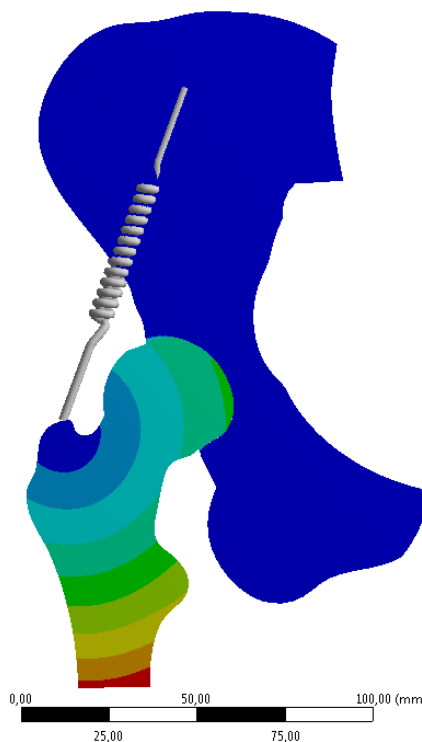
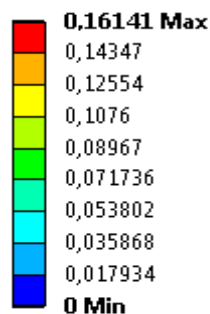
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

6.5.2015 13:14



Obr. 34 Celková deformácia fyziologického kĺbu

Ďalej to bolo redukované napätie podľa podmienky HMH (obr. 35, obr. 36).

A: Static Structural

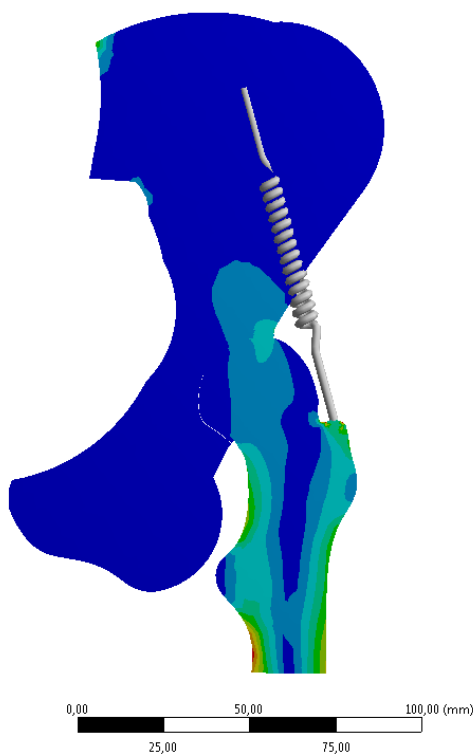
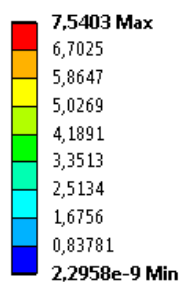
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

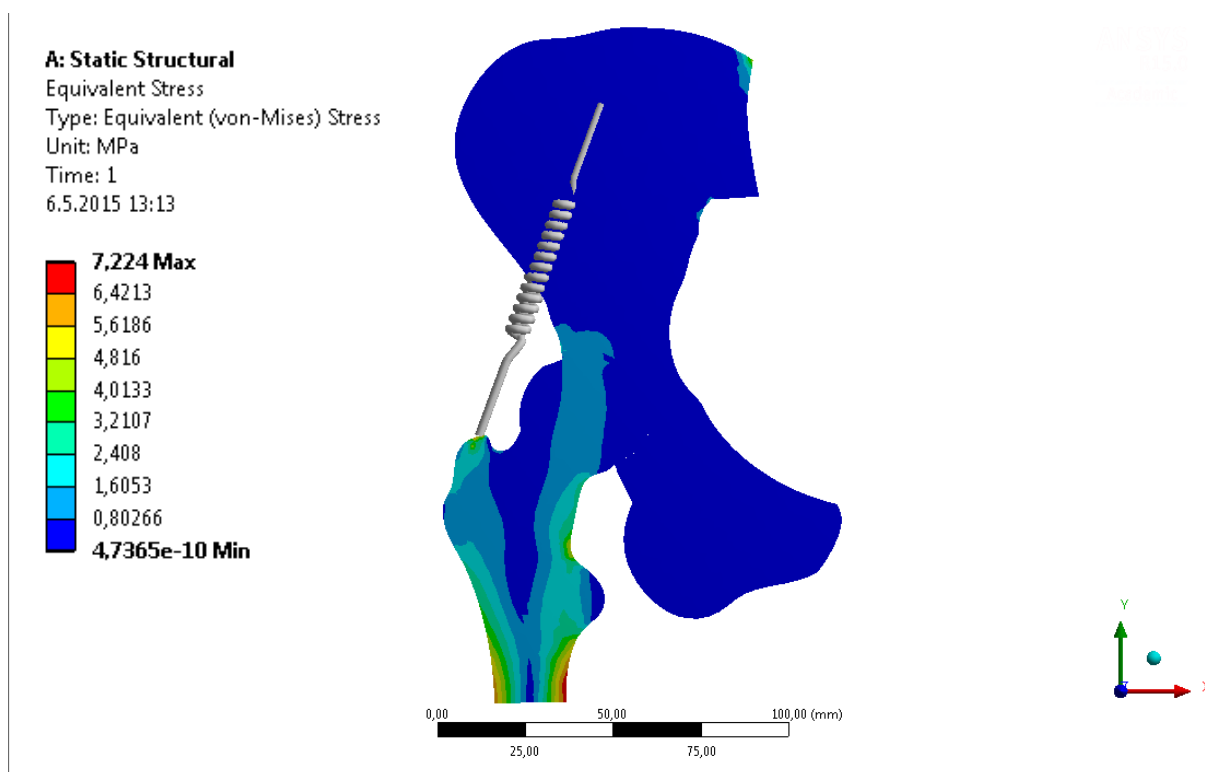
Unit: MPa

Time: 1

6.5.2015 13:12

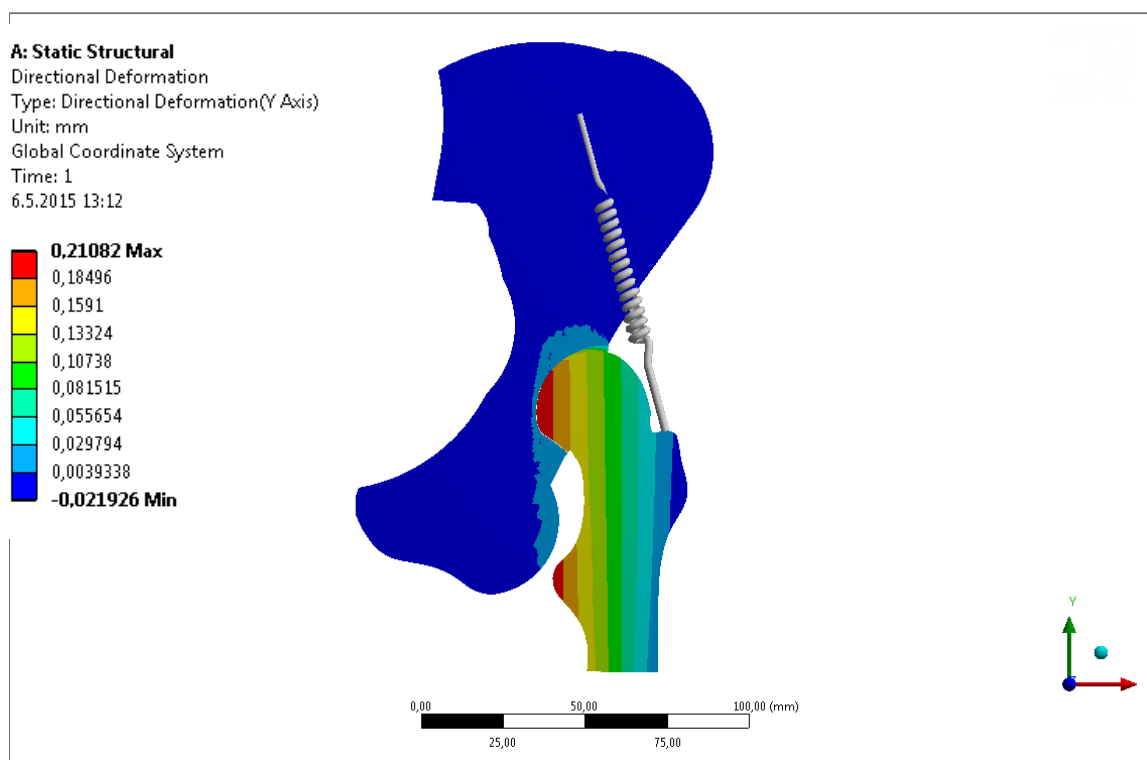


Obr. 35 Redukované napätie patologického kĺbu

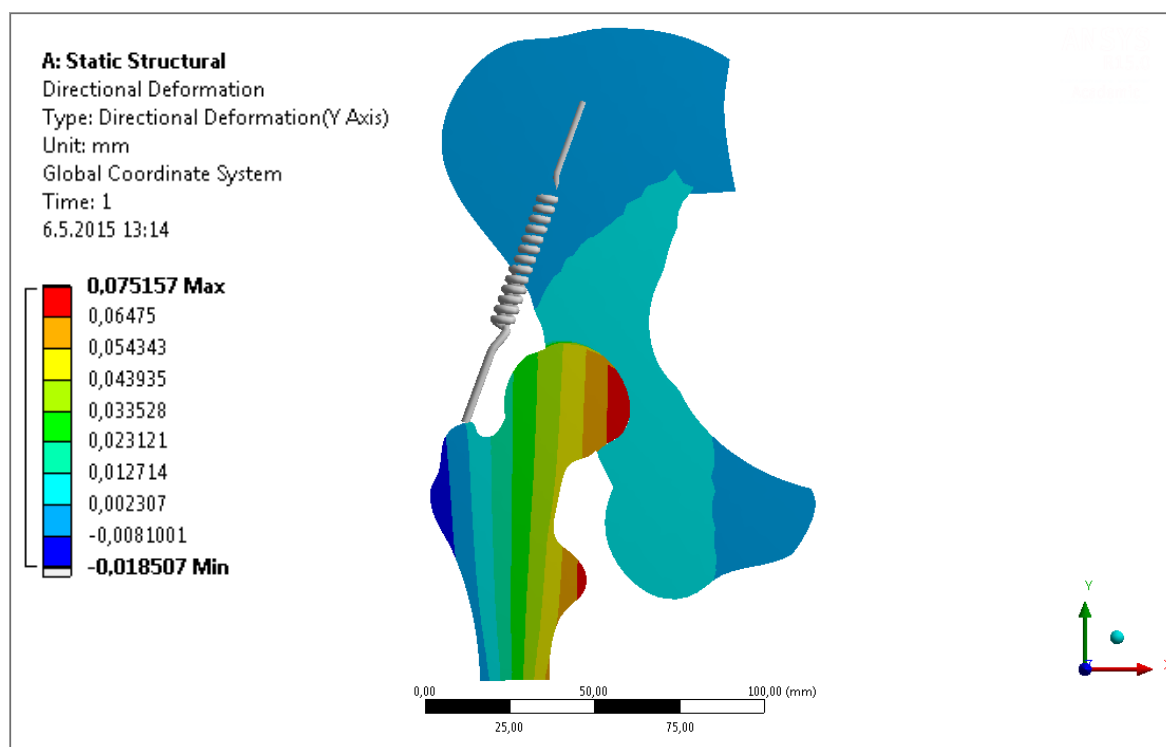


Obr. 36 Redukované napätie fyziologického kĺbu

Následne na to bola vyhodnocovaná deformácia v smere osi y, pretože celkové napätie môže byť v tomto prípade trochu zavádzajúce vzhľadom na to, že sila pôsobí len zvislom smere (obr. 37, obr. 38).

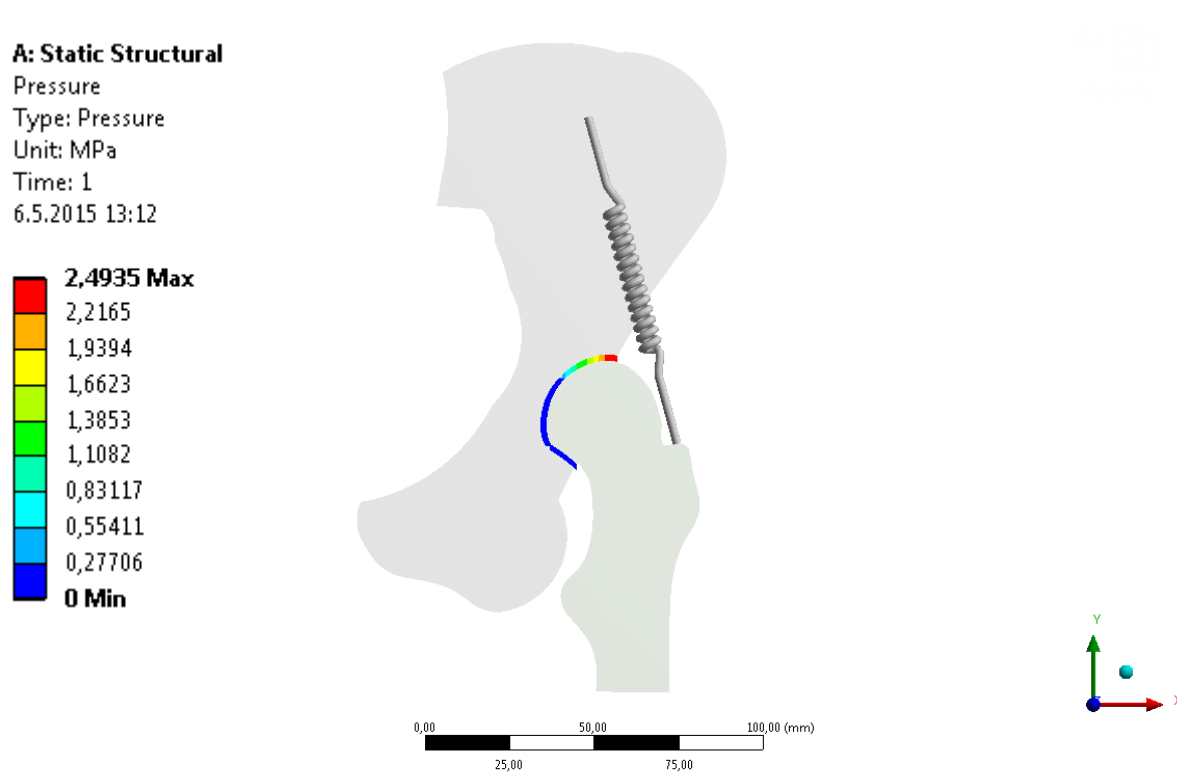


Obr. 37 Deformácia v smere osi y na patologickom kĺbe

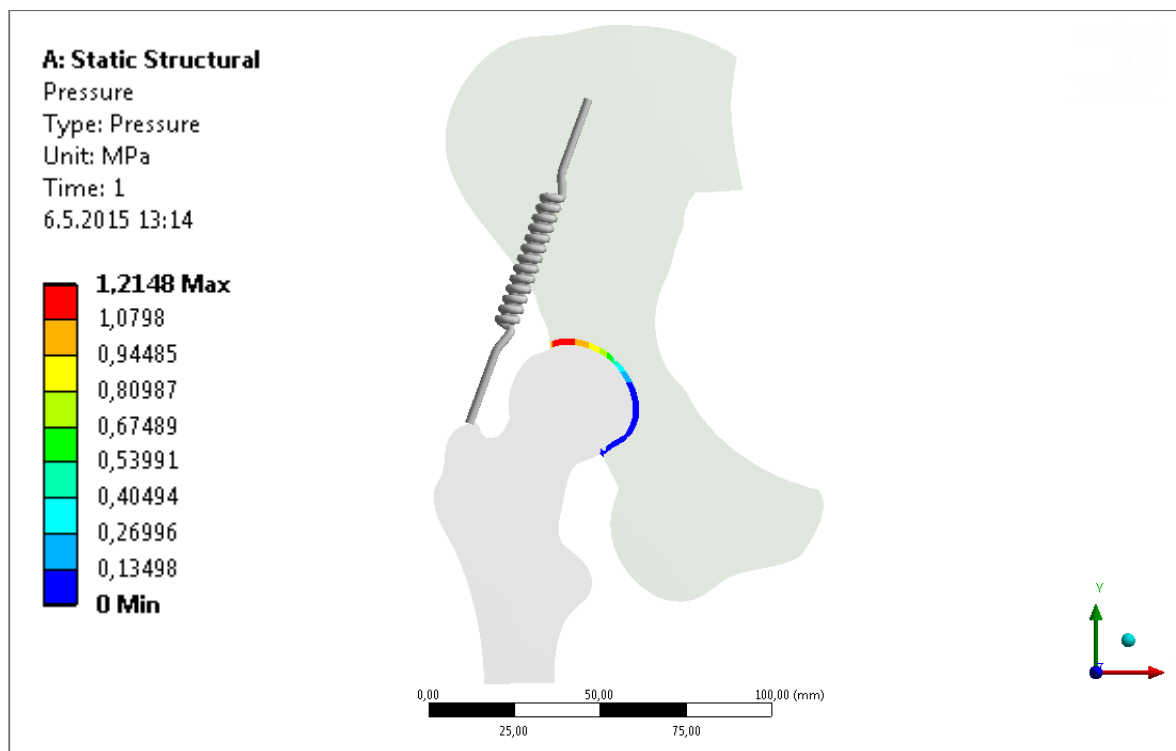


Obr. 38 Deformácia v smere osi y na fyziologickom klbe

Ako posledný bol vypočítaný tlak pôsobiaci medzi chrupavkami v kontakte (obr. 39, obr. 40).



Obr. 39 Tlak v kontakte na patologickom klbe



Obr. 40 Tlak v kontakte na fyziologickom kĺbe

10.2 ANALÝZA RIEŠENIA

Hoci je tento 2D model len orientačný, vo výsledkoch je jasne vidieť, že patologický bedrový kĺb podlieha väčším deformáciám a zaťaženiu, ako je tomu v prípade fyziologického bedrového kĺbu. A to ako v prípade deformácie, či už celkovej, alebo v smere y-osi, tak aj v prípade redukovaného napätia. Je veľmi dôležité zdôrazniť najmä kontaktný tlak, ktorý je v prípade patologického spojenia dokonca dva-krát väčší ako v prípade spojenia fyziologického. Je teda zrejmé, že táto skutočnosť má veľmi nepriaznivý vplyv na takýto kĺb, ktorý bude časom podliehať stále väčším a väčším deformáciám, čo môže viesť až k strate schopnosti pacienta chodiť.

11. STYKOVÉ SILY

V nasledujúcej kapitole bude popísané pôsobenie síl v bedrovom kĺbe na základe rovnakých podkladov ako v prípade kapitoly 9 a 10, tzn. model geometrie bude vytvorený z toho istého röntgenového snímku. Avšak vzhľadom na to, že tento snímok bol zaznamenaný v stoji na oboch nohách, bolo treba geometriu upraviť do prípadu stoja na jednej dolnej končatine.

Stehno je zložené z 27 svalov, pričom v stoji na jednej dolnej končatine alebo pomalejši chôdzi (klinická prax) sú funkčné iba 2 bedrové abduktory, a to gluteus minimus a gluteus medius (viď kapitola 5), ktoré sa upínajú na bedrovej lopate a veľkom trochanteri. Vďaka tomu je možné určiť nositeľku sily $\vec{F}_S$. Nositeľka sily $\vec{F}_A$ a jej veľkosť boli známe, pretože je z reakcie rovná veľkosti gravitačnej sily. Potom už len vďaka vete o 3 silách, kde boli známe 2 nositeľky a pôsobisko sily $\vec{F}_K$, bolo možné určiť aj túto tretiu nositeľku a následne na to určenie silového pôsobenia v oblasti bedrového kĺbu na úrovni silových výsledníc.

11.1 POSTUP RIEŠENIA

V prípade patologického kĺbu boli parametre nasledujúce (obr. 41):

$$l_1 = 97 \text{ mm}$$

$$l_2 = 130 \text{ mm}$$

$$l_3 = 15 \text{ mm}$$

$$c = 79^\circ$$

$$d = 81^\circ$$

$$F_A = 500 \text{ N}$$

Na základe momentovej rovnováhy k bodu O:

$$\sum M_O = 0 \quad (1)$$

$$-F_A * l_2 + F_K * \sin(d) * (l_2 - l_1) - F_K * \cos(d) * l_3 = 0 \quad (2)$$

$$F_K = \frac{F_A * l_2}{\sin(d) * (l_2 - l_1) - \cos(d) * l_3} \quad (3)$$

$$F_K = 3656,12 \text{ N}$$

Silová rovnováha v osi y:

$$\sum F_y = 0 \quad (4)$$

$$F_A + F_S * \sin(c) - F_K * \sin(d) = 0 \quad (5)$$

$$F_S = \frac{F_K * \sin(d) - F_A}{\sin(c)} \quad (6)$$

$$F_S = 3169,34 \text{ N}$$

Rovnaký postup bol aplikovaný aj v prípade fyziologického kĺbu, v ktorom boli parametre nasledovné (obr. 42):

$$r_1 = 95 \text{ mm}$$

$$r_2 = 136 \text{ mm}$$

$$r_3 = 12 \text{ mm}$$

$$a = 73^\circ$$

$$b = 78^\circ$$

$$F_A = 500 \text{ N}$$

Na základe momentovej rovnováhy k bodu O:

$$\sum M_O = 0 \quad (1)$$

$$F_A * r_2 - F_K * \sin(b) * (r_2 - r_1) + F_K * \cos(b) * r_3 = 0 \quad (7)$$

$$F_K = \frac{F_A * r_2}{\sin(b) * (r_2 - r_1) - \cos(b) * r_3} \quad (8)$$

$$F_K = 1808,07 \text{ N}$$

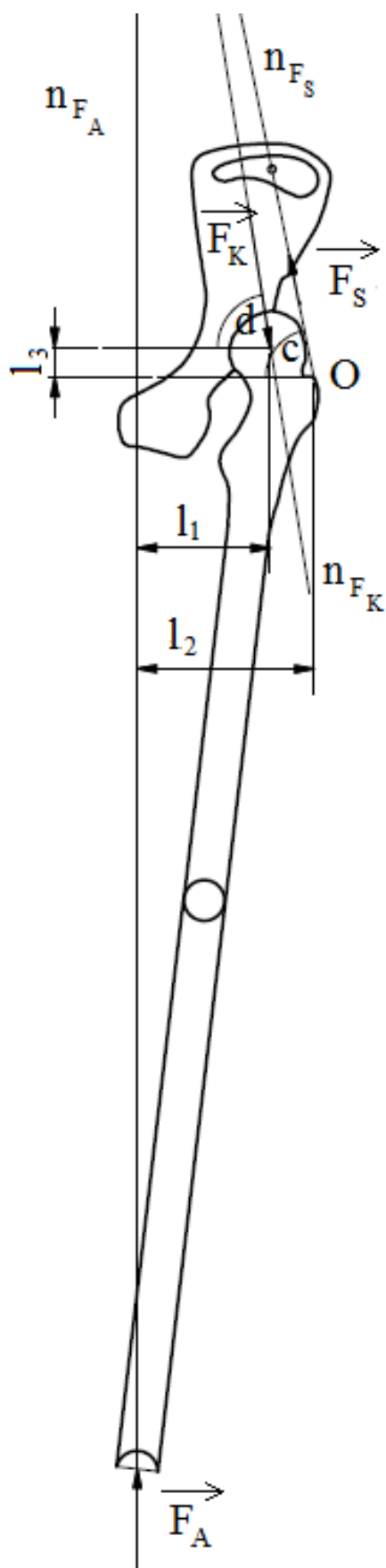
Silová rovnováha v smere osi y:

$$\sum F_y = 0 \quad (4)$$

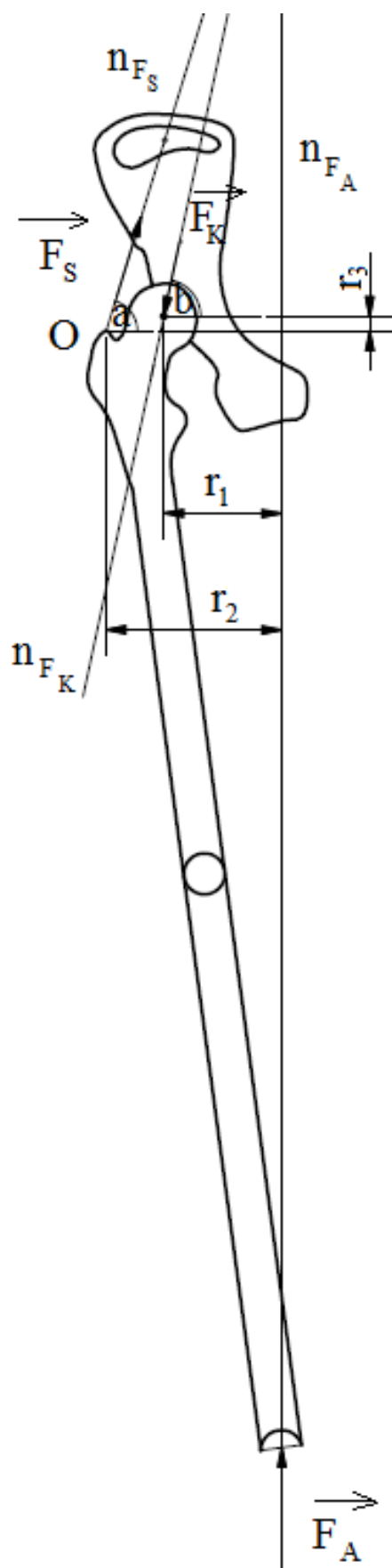
$$F_A + F_S * \sin(a) - F_K * \sin(b) = 0 \quad (9)$$

$$F_S = \frac{F_K * \sin(b) - F_A}{\sin(a)} \quad (10)$$

$$F_S = 1326,52 \text{ N}$$

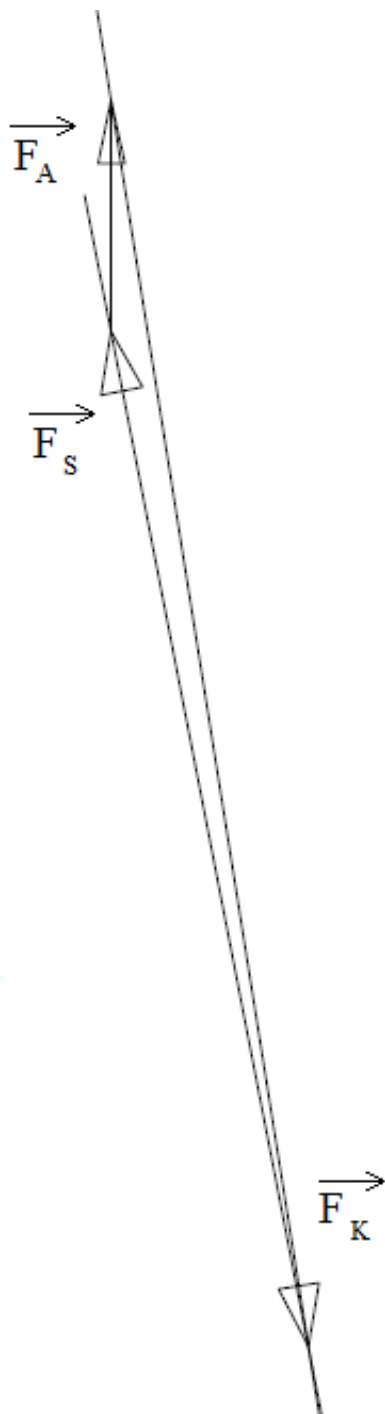


Obr. 41 Silové pôsobenie v patologickom kĺbe

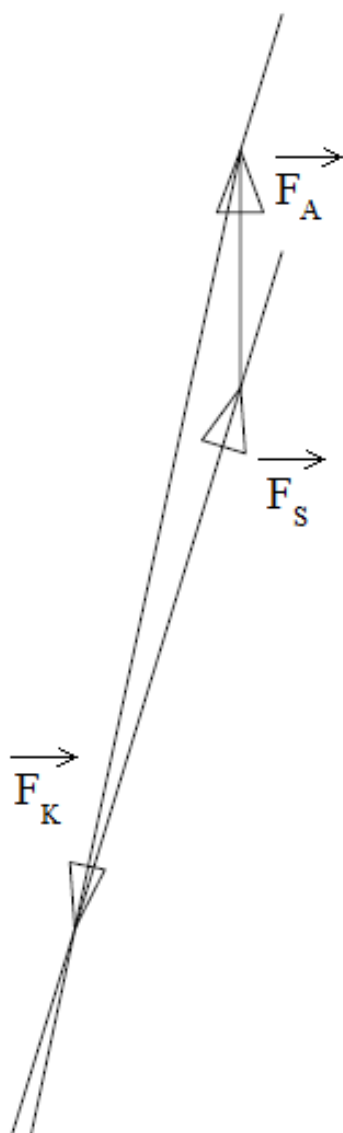


Obr. 42 Silové pôsobenie vo fyziologickom kĺbe

Silové výslednice v oboch prípadoch boli následne určené aj grafickým spôsobom (obr. 43 a obr. 44).



Obr. 43 Grafické znázornenie silového pôsobenia v patologickom kĺbe



Obr. 44 Grafické znázornenie silového pôsobenia vo fyziologickom kĺbe

11.2 ANALÝZA VÝSLEDKOV

Na základe geometrie a vstupných parametrov boli určené sily $\vec{F}_K$ a $\vec{F}_S$ pomocou výpočtov, ale aj graficky. Z výsledkov je zrejmé, že oveľa horšie, čo sa týka mechanického zaťaženia, je na tom kĺb patologický, presne podľa očakávania. V oboch prípadoch – výpočtom, aj graficky, vyšli silové výslednice $\vec{F}_S$ aj $\vec{F}_K$ väčšie v prípade patologického kĺbu, čo je v súlade s problémovú situáciu, ktorá nastáva v prípade takto vyvinutého bedrového kĺbu, s nutnosťou tento problém nejakým vhodným spôsobom vyriešiť.

12. ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bola rešeršná, biomechanická štúdia v oblasti acetabuloplastík s následným praktickým riešením výpočtového modelu konkrétneho problému, v ktorom boli kvalitatívne porovnávané výsledky napätia a deformácie medzi fyziologickým a patologickým bedrovým spojením, spoločne s riešením silových závislostí v tomto prípade.

V prvom kroku bola prevedená rešeršná štúdia v oblasti dostupnej literatúry, pojednávajúcej o danej tematike. Následne na to bol vytvorený anatomický prehľad, dôležitý z hľadiska riešenej problematiky, a boli tiež popísané tie najvýznamnejšie poruchy spojené s bedrovým kĺbom. Ďalším krokom bolo priblížiť pohľad na historický vývoj v oblasti riešenia patologických bedrových kĺbov, na čo nadväzovala charakteristika súčasných prevedení acetabuloplastík. Posledné kapitoly boli venované výpočtovému modelovaniu problémovej situácie a určení silového pôsobenia v oblasti bedrového kĺbu na úrovni silových výsledníc, pričom obom spomínaným bol podkladom röntgenový snímok 15-ročného dievčaťa.

V prípade výpočtového modelu ukázala analýza výsledkov očakávaný rozdiel medzi patologickým a fyziologickým stavom, kedy v prípade stavu patologického boli výsledky horšie v tom zmysle, že napätie, deformácie a kontaktný tlak boli podstatne väčšie oproti stavu fyziologickému.

Na základe určovania silového pôsobenia ako výpočtami, tak aj graficky, boli potvrdené predpoklady a výsledky výpočtového modelu, kde z mechanického hľadiska bol na tom horšie patologický bedrový kĺb. Sila pôsobiaca v svalových abduktoroch ako aj sila pôsobiaca na samotný bedrový kĺb boli v tomto prípade významne väčšie, z čoho vyplýva, že podobné patologické stavy sú v ľudskom tele nežiaduce a pokiaľ sa v ňom vyskytujú, je dôležité ich vhodným spôsobom vyriešiť, inak dochádza k degradácii patologického stavu a významnému zhoršeniu pohyblivosti pacienta.

Na základe vyššie spomenutých bodov boli ciele bakalárskej práce splnené.

13. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] DUNGL, P a kol. *Ortopedie*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005, 1273 s. ISBN 80-247-0550-8.
- [2] POUL, J. *Dětská ortopedie*. 1. vyd. Praha: Galén, c2009, xi, 401 s. ISBN 978-80-7262-622-9.
- [3] SOSNA, A. *Základy ortopedie*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2001, 175 s. ISBN 80-7254-202-8.
- [4] KONVIČKOVÁ, S., VALENTA, J. *Biomechanika člověka: Svalově kosterní systém, 1.diel*, 2. vyd. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 1996. 177 s. ISBN 80-01-03424-0.
- [5] KONVIČKOVÁ, S., VALENTA, J. *Biomechanika člověka: Svalově kosterní systém, II.diel*, 2. vyd. Praha: Česká technika – nakladatelství Praha, ČVUT, 1997, 175 s. ISBN 978-80-01-03896-3
- [6] PELTIER, F. *Orthopedics: a history and iconography*. San Francisco: Norman Pub., 1993, xxvi, 304 s. ISBN 0-930405-47-1.
- [7] YOCHUM, R., ROWE, J. *Yochum and Rowe's essentials of skeletal radiology*. 3. vyd. Philadelphia: Lippincott/Williams & Wilkins, 2005, 1939 s. ISBN 0-7817-3946-2.
- [8] KOKAVEC, M., FRIŠTÁKOVÁ, M., HAJDUOVÁ, E., POLAN, P. Možnosti diagnostiky a liečby vývojovej dysplázie bedrových kĺbov u novorodencov. *Solen* [online]. 2011, roč. 12, č. 2 [cit. 2015-5-5]. Dostupné z <http://www.solen.sk/pdf/18204a54966f2e929ac29ec8cad8c73.pdf>
- [9] KOPČÍKOVÁ, M. *Detské choroby* [online]. c2013, posledná revízia 7.6.2013 [cit. 2015-5-5]. Dostupné z <http://detskechoroby.rodinka.sk/detske-choroby/koncatiny/kosti-a-klby/vyvinova-dysplazia-bedroveho-klbu/>
- [10] VALISKÁ, G. *Gabrielvaliska* [online]. c2014 [cit. 2015-5-5]. Dostupné z <http://gabrielvaliska.webnode.sk/sluzby/ortopedia/usg-detskych-bedrovych-klbov/>
- [11] GALEK, L. *Ortopedicka-ambulance* [online]. c2013 [cit. 2015-6-5]. Dostupné z <http://ortopedicka-ambulance.cz/coxa-vara>
- [12] SCHMIDLER, C. *Healthpages* [online]. c2014 [cit. 2015-6-5]. Dostupné z <http://www.healthpages.org/health-a-z/coxa-valga-causes-symptoms-diagnosis/>

- [13] ŠÁCHA, P. *Celostnimedica* [online]. c2010 [cit. 2015-7-5]. Dostupné z <http://www.celostnimedica.cz/perthesova-choroba.htm>
- [14] ČIHÁK, R. *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Ilustrace Milan Med. Praha: Grada, 2001, 497 s. ISBN 80-7169-970-5.
- [15] HUDÁK, R., KACHLÍK, D. *Memorix anatomie*. 1. vyd. Praha: Triton, c2013, xxi, 605 s. ISBN 978-80-7387-674-6.
- [16] FLUSSEROVÁ, Š. *Medicina.Ronnie* [online]. c2005 [cit. 2015-12-5]. Dostupné z <http://medicina.ronnie.cz/c-1451-svaly-kycelniho-kloubu.html>
- [17] HUMBERT, F., JACQUIER, N. *Essai Et Observations Sur La Maniere de Reduire Les Luxations: Spontanees Ou Symptomatiques de L Articulation Ilio Femorale*. brožovaná (1835). United States: Kessinger Publishing, 554 s. ISBN 1-1666-9849-1
- [18] GALLO, J. Prof. MUDr. ARNOLD PAVLÍK. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae čechoslovaca* [online]. 2012, roč. 79, č. 6 [cit. 2015-12-5]. Dostupné z <http://www.achot.cz/detail.php?stat=579>
- [19] EYRE-BROOK, A., ANTHONY JONES, D., HARRIS, F. Pemberton's acetabuloplasty for congenital dislocation or subluxation of the hip. *The journal of bone and joint surgery* [online]. 1978, roč. 60, č.1 [cit. 2015-15-5]. Dostupné z http://www.boneandjoint.org.uk/highwire/filestream/12460/field_highwire_article_pdf/0/18.full-text.pdf
- [20] COLTON, C. Chiari osteotomy for acetabular dysplasia in young subjects. *The journal of bone and joint surgery* [online]. 1972, roč. 64, č.4 [cit. 2015-15-5]. Dostupné z http://www.boneandjoint.org.uk/highwire/filestream/11803/field_highwire_article_pdf/0/578.full-text.pdf
- [21] *Probecure* [online]. c2014 [cit. 2015-12-5] Dostupné z <http://probecure.com/b/brief-anatomy-of-hip-joint/>
- [22] *Anatomina* [online]. c2015 [cit. 2015-12-5] Dostupné z <http://www.anatomina.org/data/index.htm?cesta=obrazy/Pedozadn-RTG-snmek-kyelnho-kloubu/&snimka=1&cislo=1&slozka=med&lang=cz>
- [23] *Seattlechildrens* [online]. c2015 [cit. 2015-5-5] Dostupné z <http://www.seattlechildrens.org/medical-conditions/bone-joint-muscle-conditions/hip-conditions-treatment/developmental-dysplasia-of-the-hip/>
- [24] Simpson, C., Abiddin, Z., Bruce, C. *eurorad* [online]. c2013 [cit. 2015-6-5] Dostupné z <http://www.eurorad.org/eurorad/case.php?id=2106>
- [25] *B-reddy* [online]. c2014 [cit. 2015-6-5] Dostupné z <https://breddydotorg.files.wordpress.com/2014/02/normal-coxa-vara-coxa-valga.png>

- [26] *Morphopedics* [online]. c2014 [cit. 2015-6-5] Dostupné z <http://morphopedics.wikidot.com/perthes-disease>
- [27] *Royal children's hospital Melbourne* [online]. c2015 [cit. 2015-12-5] Dostupné z http://www.rch.org.au/kidsinfo/fact_sheets/Pavlik_Harness_for_DDH/
- [28] *Hipdysplasia* [online]. c2012 [cit. 2015-19-5] Dostupné z <http://hipdysplasia.org/developmental-dysplasia-of-the-hip/child-treatment-methods/osteotomy/>
- [29] *The egyptian orthopaedic journal* [online]. c2010 [cit. 2015-19-5] Dostupné z <http://www.eoj.eg.net/article.asp?issn=1110-1148;year=2013;volume=48;issue=1;spage=80;epage=87;aulast=Kandil>
- [30] *Wikimedia* [online]. c2008 [cit. 2015-19-5] Dostupné z [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acetabuloplastik_\(Pemberton_osteotomy\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acetabuloplastik_(Pemberton_osteotomy).jpg)
- [31] *Quotespics* [online]. c2015 [cit. 2015-20-5] Dostupné z <http://quotespics.quotes8.com/quotes/dega-osteotomy.html>
- [32] *Deformitycorection* [online]. c2013 [cit. 2015-20-5] Dostupné z <http://deformitycorrection.org/RIAO/PelvicOsteotomy.aspx>
- [33] ITO, H., MATSUNO, T., MINAMI, A. Chiari Pelvic Osteotomy for Advanced Osteoarthritis in Patients with Hip Dysplasia. *The journal of bone and joint surgery* [online]. 2004, roč. 86, č.7 [cit. 2015-20-5]. Dostupné z <http://jbjs.org/content/86/7/1439>
- [34] *Chambalravine* [online]. c2013 [cit. 2015-20-5] Dostupné z <http://chambalravine.blogspot.cz/2013/07/osteotomies-around-hip.html>
- [35] ADAMČÁK, Š. *dok.rwan* [online]. c2010 [cit. 2015-23-5] Dostupné z <http://www.dok.rwan.sk/UMB%20BB/poznamky/1-anatomia.pdf>
- [36] HUDEK, F. *zsjarose* [online]. c2009 [cit. 2015-23-5] Dostupné z http://vyuka.zsjarose.cz/index.php?action=lesson_detail&id=376

Zoznam použitých symbolov

l_1	[mm]	vzdialenosť pôsobiska sily $\vec{F}_K$ od osi ľudského tela v patologickom kĺbe
l_2	[mm]	vzdialenosť pôsobiska sily $\vec{F}_S$ od osi ľudského tela v patologickom kĺbe
l_3	[mm]	vzdialenosť pôsobiska sily $\vec{F}_S$ od pôsobiska sily $\vec{F}_K$ v patologickom kĺbe
r_1	[mm]	vzdialenosť pôsobiska sily $\vec{F}_K$ od osi ľudského tela vo fyziologickom kĺbe
r_2	[mm]	vzdialenosť pôsobiska sily $\vec{F}_S$ od osi ľudského tela vo fyziologickom kĺbe
r_3	[mm]	vzdialenosť pôsobiska sily $\vec{F}_S$ od pôsobiska sily $\vec{F}_K$ vo fyziologickom kĺbe
a	[°]	uhol medzi vektorom sily $\vec{F}_S$ a vodorovnou rovinou vo fyziologickom kĺbe
b	[°]	uhol medzi vektorom sily $\vec{F}_K$ a vodorovnou rovinou vo fyziologickom kĺbe
c	[°]	uhol medzi vektorom sily $\vec{F}_S$ a vodorovnou rovinou v patologickom kĺbe
d	[°]	uhol medzi vektorom sily $\vec{F}_K$ a vodorovnou rovinou v patologickom kĺbe
$\vec{F}_A$	[N]	sila, pôsobiaca na spodok chodidla, ktorá je z reakcie ekvivalentná gravitačnej sile, pôsobiacej na človeka
$\vec{F}_S$	[N]	sila, pôsobiaca v svalových abduktoroch
$\vec{F}_K$	[N]	sila, pôsobiaca na bedrový kĺb