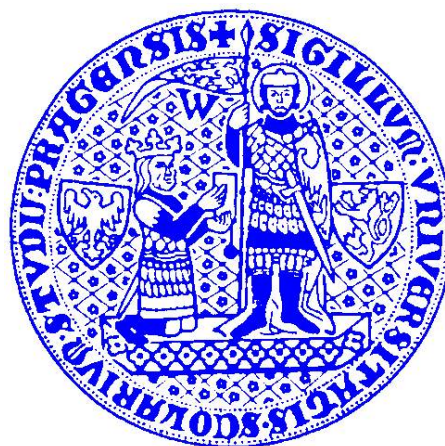


UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



MUDr. VÁCLAV BÁČA

AUTOREFERÁT DIZERTAČNÍ PRÁCE

PRAHA 2007

MORFOLOGIE PROXIMÁLNÍHO FEMURU VE VZTAHU KE ZLOMENINÁM TROCHANTERICKÉHO MASIVU

Autoreferát dizertační práce

**Oborová rada: „Experimentální chirurgie“
Doktorský studijní program: „Biomedicína“**

Ústav anatomie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy

Praha

2007

Dizertační práce byla vypracována na
Ústavu anatomie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze

Grantová podpora

Dizertační práce byla podpořena těmito grantovými projekty:

GA UK 103/2000/C: ***Struktura kosti proximálního konce femuru***

Hlavní řešitel: Prof. MUDr. Josef STINGL, CSc.

Spoluřešitel: MUDr. Václav Báča

2000-2001

VZ MSM 111200003: ***Prevence nehodovosti a časná diagnostika a terapie úrazů***

Uchazeč: MUDr. Václav Báča

odborný asistent Ústavu anatomie 3. LF UK

Ruská 87

100 00 Praha 10

Školitel: Prof. MUDr. Josef Stingl, CSc.

Ústav anatomie 3. LF UK v Praze

Ruská 87

100 00 Praha 10

Školitel konzultant: Prof. MUDr. Jan Bartoníček, DrSc.

Ortopedicko-traumatologická klinika 3. LF UK a FNKV

Šrobárova 50

100 34 Praha 10

Oponenti: Prof. MUDr. Karel Koudela, CSc.

Doc. MUDr. Jiří Chomiak, CSc.

Doc. MUDr. Stanislav Leichman, CSc.

Datum odevzdání práce:

Autoreferát byl rozeslán dne:

Předseda oborové rady Experimentální chirurgie: Prof. MUDr. Jaroslav Živný, DrSc.

Obhajoba dizertační práce se koná dne: před komisí pro obhajoby disertační práce oborové rady Experimentální chirurgie.

S dizertační prací je možné se seznámit na Oddělení pro vědu a výzkum 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Ruská 87, 100 00 Praha 10

OBSAH

1. Cíle práce.....	1
2. Úvod.....	2
3. Přehled literatury.....	3
3.1. Historie terminologie stehenní kosti.....	3
3.2. Historie studia stehenní kosti.....	3
3.3. Historický přehled klasifikace zlomenin proximálního konce femuru s důrazem na oblast trochanterického masivu femuru.....	5
3.4. Historický přehled léčby zlomenin s lomnou linií v trochanterickém masivu femuru.....	6
4. Metodika.....	7
5. Výsledky.....	11
5.1. Detailní makroskopický popis svalově-vazivového aparátu oblasti trochanterického masivu femuru.....	11
5.2. Zobrazení systémů osteonů v kortikální kosti proximálního konce femuru.....	12
5.3. Popis a vyhodnocení cévních otvorů v oblasti trochanterického masivu femuru.....	13
5.4. Popis a vyhodnocení lomných linií v trochanterickém masivu femuru na RTG snímcích.....	15
5.5. Biomechanický MKP model proximálního konce femuru s použitím orientace osteonů.....	16
6. Diskuze.....	18
6.1. Diskuze k literárním zdrojům a makroskopickým nálezům.....	18
6.2. Diskuze k literárním zdrojům a lomným liniím.....	21
6.3. Diskuze k biomechanickým nálezům.....	21
7. Zhodnocení a závěr.....	21
8. Literatura k úvodní části	22
9. Summary	26
10. Publikace doktoranda	27

1. CÍLE PRÁCE

Cíly této disertační práce bylo:

- shrnout a zhodnotit dosavadní výsledky morfologického studia anatomických struktur v oblasti proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na oblast trochanterického masivu
- shrnout a zpřehlednit dosavadní přístupy v hodnocení zlomenin proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na lomné linie procházející trochanterickým masivem
- shrnout a zpřehlednit dosavadní přístupy a používané postupy v léčbě zlomenin, jejichž lomné linie procházejí trochanterickým masivem femuru
- shrnout a zhodnotit dosavadní výsledky studia struktury kortikální kosti proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na haversky přestavěnou kost a tím na průběh systémů osteonů v úrovni trochanterického masivu
- získat vlastní výsledky v oblasti makroskopické morfologie svalově-vazivového aparátu, studia lomných linií na RTG snímcích a struktury kortikální kosti proximálního konce femuru s důrazem kladeným na oblast trochanterického masivu
- vytvořit vlastní matematický model proximálního konce femuru na bázi metody konečných prvků (MKP) a zadáním vlastních výsledků, zejména orientací osteonů, vytvořit vlastní biomechanický model
- získané výsledky z morfologických a biomechanických studií kriticky porovnat s dosud publikovanými údaji a případně je doporučit k užití v další klinické i teoretické praxi.

Celá práce byla provedena v rámci zadání autorova studia v Postgraduálním doktorském studiu v biomedicině v Oborové radě „Experimentální chirurgie“ v letech 1999 – 2007.

Práce byla provedena na těchto pracovištích:

- Ústav anatomie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze
- Ortopedicko-traumatologická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze
- Radiodiagnostická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze
- Ústav lékařské biofyziky a informatiky 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze
- Ústav anatomie Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Plzni
- Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze
- Institut für Anatomie, Medizinische Universität Graz
- Institut für Anatomie, Ludwig-Maximilian Universität München

2. ÚVOD

Problematika struktury, růstu, biomechaniky a léčby zlomenin proximálního konce femuru člověka je ve středu zájmu šamanů, ranhojičů, lékařů i biomechaniků od Masajů a starověkých egyptanů do současnosti. Z hlediska všech zmíněných oborů jde o region více než problémový – od vývojových anomálií, přes časně opotřebený, až po velmi časté zlomeniny ve starším věku. Toto všechno vede ke změnám biomechanického systému kyčelního kloubu a problémy v diagnostice a terapii poruch. Proto také v posledním století nabývají na významu biomechanické analýzy. Tak jako je složitá problematika shora zmíněná, tak je složité vysvětlování jednotlivých poruch. V této práci jsme se snažili podívat se na proximální konec lidského femuru hlavně v porovnání s průběhem lomných linií probíhajících trochanterickým masivem.

Z pohledu kliniků, hlavně traumatologů, je proximální femur jednou z nejčastěji postižených a zraňovaných částí lidského těla ve všech věkových kategoriích. Zejména jde o zlomeniny krčku a trochanterického masivu ve vyšším věku, v nižších věkových skupinách jsou to hlavně zlomeniny související s dopravními nehodami. Otázka růstu, modelace, cévního zásobení (obzvláště hlavice) a architektiky tohoto regionu byla již dříve řešena řadou autorů, zejména však od první poloviny devatenáctého století do současnosti (např. Merkel 1874, Lange 1921, Pauwels 1965, Griffin 1982, Peltier 1990. Pauwels se dokonce pokoušel modelovat trojrozměrný přenos sil v modelu za použití plexiskla a metody fotoelasticimetrie.

Strukturální analýzu kortikální haverské kosti dosud detailně provedli pouze Benninghof, Sinělnikov, Cohen s Harrisem a Heřt, Fiala a Petráčl. Tito autoři se však zabývali pouze diafýzami dlouhých kostí nebo studiem kostí plochých. Stále tak schází detailní morfologický popis směru průběhu osteonů v kortikální kosti trochanterického masivu a krčku stehenní kosti.

Zlomeniny trochanterického masivu se nejčastěji dělí na pertrochanterické, intertrochanterické a subtrochanterické. Vzhledem k variabilitě průběhu lomných linií a léčebných postupů vznikla celá řada jejich klasifikací, jejichž uznávanost se velmi liší a jednotný přístup prakticky neexistuje. Pertrochanterické zlomeniny, označované AO/ASIF klasifikací jako zlomeniny 31A1 a 31A2 shrnují poměrně široké spektrum jednotlivých typů a podtypů. Nicméně zde lze rozlišit jednotlivé typické úlomky. Jsou to hlavice s krčkem, diafýza s bází velkého trochanteru, hrot velkého trochanteru eventuálně spojený s posterosuperiorní částí crista intertrochanterica a malý trochanter s přilehlou posteromediální kortikalis. Přístup k léčbě těchto zlomenin prošel dlouhou cestou a její vývoj také zcela změnil význam úvodního Hippokratova citátu: „Koho neuzdraví léky, toho uzdraví příroda“, který původně hojení zlomenin v této oblasti výstižně charakterizoval. Zlomeniny trochanterického masivu se i bez vnější intervence při imobilizaci velmi dobře hojily a vznik pakloubu byl výjimečný. Zvyšování hranice dožití ale musel konzervativní přístup změnit v operační vzhledem ke komplikacím při dlouhodobé imobilizaci pacienta na lůžku, které vedly velmi často ke smrti pacienta.

Při studiu RTG snímků pertrochanterických zlomenin a studiu popisu jejich klasifikací v literatuře jsme si položili otázku, jaké svaly a vazy ovlivňují průběh typických lomných linií v oblasti crista intertrochanterica. Za jedno z možných vysvětlení jsme považovali uspořádání svalových a vazivových úponů v této oblasti. Naše preparace ale nebyla zaměřena pouze na popis úponů svalových a vazivových struktur, ale také z druhé strany, na popis míst, kde kost není kryta žádnou morfologickou strukturou kromě periostu. Protože tyto úpony jsou různými autory popisovány různě, chtěli jsme si hypotézu ověřit vlastní preparací.

Další otázkou bylo, zda perforace kortikální kosti trochanterického masivu otvory pro cévní zásobení kosti nemá predispoziční vliv na průběh a šíření lomných linií. Proto byla studována velikost, množství a distribuce cévních otvorů v kompaktní trochanterického masivu. Jedním z cílů práce tak bylo pokusit se najít možný vztah mezi místy s největším nahromaděním cévních otvorů v různých částech trochanterického masivu a typickými lomnými liniemi pertrochanterických zlomenin.

3. Přehled literatury

3.1. Historie terminologie stehenní kosti

FCAT (Federative Committee on Anatomical Terminology, ustavená v roce 1989 v Rio de Janeiro) doporučuje v Terminologia Anatomica (TA, vydané v roce 1998) [41] použití latinského výrazu *femur* pro stehenní kost, shodného s pojmem pro celou oblast, pokud nehrozí záměna s oblastí celého stehna. Jinak je třeba použít zpřesňující výraz *os femoris*. Anglický jazyk používá totožný pojem *femur*, při možné záměně určující *thigh bone* [33, 122]. Pro topografickou oblast uvádí FCAT v „Terminologia Anatomica“ [41] obecně vžitý latinský pojem *regio femoris*, anglicky *femoral region*. Linc a Fleischmann uvádí v práci „Anatomické názvosloví“ pojem *femur = stehno i stehenní kost*, pro krajinu pak používá *regio femoris = krajina stehenní*. Zrzavý používá v díle „Latinsko-české anatomické názvosloví“ výrazy *stehno i stehenní krajina* [135]. Starší anatomické nomenklatury střídavě používaly pro stehenní kost výraz *femur* (Basiliensia Nomina Anatomica (BNA 1895) a *os femoris* (Ienaiensia Nomina Anatomica (INA 1935). Komise International Anatomical Nomenclature Committee (IANC, ustavená v roce 1950) se vrátila opět k výrazu *femur*, což potvrdila i v dalších revizích v letech 1960, 1965, 1975 a 1983 (2nd, 3rd, 4th a 5th Edition of Nomina Anatomica /NA/) [41].

Český výraz *stehenní kost* vychází z pojmu *stehno*, který je v české odborné literatuře zřejmě poprvé použit v díle „Vocabularium latinobohemicum posoniense (Prešpurský slovník)“ ze 14. století [92]. V přímém vztahu *femur-stehno* použil tento pojem až před rokem 1474 komorník markraběte moravského Jošta *Jakub Holubin (Holubář)* v díle „Slovník latinsko-německo-český pro Ladislava Pohrobka, krále českého“ [134]. Rovněž *Jan Ámos Komenský* používá pojem *stehno (stehna)* ve svém „Janua linguarum reserata aurea, sive seminarium linguarum et scientiarum omnium... (Zlaté dvéře jazykův otevřené, aneb plániště všech řečí a umění...)“ [75]. První a jediný pokus vytvořit závaznou normu českého anatomického názvosloví publikovali **Prof. Dr. Vil. Weiss, Doc. Dr. Vít. Janovský, Dr. Jindřich Záhoř** v díle „Názvosloví lékařské a lékárnické“, které bylo zpracováno komisí Spolku českých lékařů a vyšlo v Praze nákladem Spolku českých lékařů v roce 1881 [64]. Další dva pokusy souhrnně vydat české anatomické názvosloví jsou v dílech **R. Lince a J. Fleischmanna** „Anatomické názvosloví“, vydaném v letech 1959-1960 [86], a **J. Zrzavého** „Latinsko-české anatomické názvosloví“, vydaném v roce 1985 [135].

3.2. Historie studia stehenní kosti

Složitost stavby proximálního konce lidské stehenní kosti, jeho zlomeniny a problematika jejich léčení jsou známy již ze starověku [110]. Egypťané ošetřovali úrazy a kostní zlomeniny, používali sutury, kautery a turnikety při amputacích k zastavení krvácení. Žádné z tehdejších chirurgických nástrojů se však nedochovaly [72]. Masajové ve východní Africe praktikovali amputace zlomených horních i dolních končetin [110]. Mezi nejstarší dochované písemné záznamy o chirurgii patří egyptský papyrus pocházející z doby Staré říše /2670-2140 př.n.l./ . Předpokládaným autorem je **Imhotep** seu **Imuteph**, osobní lékař, kancléř a stavitel pyramid faraóna Džoséra III. [112]. Asyřané a Babyloňané diferencovali lékařské obory, chirurgii tehdy představovalo tzv. lékařství nože. Vládlo zde pravidlo, že osoba provádějící určitý léčebný výkon byla za něj plně odpovědná, takže po neúspěchu mohl být operatér potrestán dokonce smrtí [72]. Staří Číňané používali při chirurgických výkonech k narkóze odvar z konopí nebo z alkoholických nápojů [72]. Nejcennějším pramenem k poznání staroindické medicíny je „Ajurvéda“. Za jednoho z tvůrců je považován **Sušruta** /6.-5- stol.př.n.l./, který zde zvláště podrobně popisuje chirurgické zákroky [72]. Řekové věnovali medicíně mnoho času. Např. v eposu *Ílias* bylo napočítáno celkem 147 válečných zranění [72, 110]. Známé jsou práce **Aristotela**, podle větší délky holenní kosti než stehenní kosti u ptáků předpokládal, že tito vůbec stehenní kost nemají [67], **Hippokrata z Kósu** /kolem 460 – 370 př.n.l./ o ošetřování zlomenin všech kostí končetin, včetně stehenní kosti, **Aula**

Cornelia Celsa /25 př.n.l.–50 n.l./ který vytvořil encyklopedické dílo „Artes (Vědy)“, z jehož 21 svazků se v plném rozsahu dochovalo jen 8 právě věnovaných medicíně.

V novověku **Rhazes** seu **Abu Bekr Muhammad ibn Zakarijá al-Rází** /850-923/ vydal desetidílný medicínský manuál „Al-Kitáb al-Mansúri fi't-tibb (Al-Masúrova kniha medicíny)“, kde devátá část je věnována chirurgii. **Abulcasis** seu **Abu al-Qasim Khalaf bin 'Abbas el-Zahrawi** /936/940–1013/ je nazýván otcem operační chirurgie. Ve své knize „At-Tasríf li-man adžaza an al-ta'líf (Pomoc tomu, kdo neumí komponovat)“, v pojednání třicátém, které věnoval chirurgii, popisuje mimo jiné i ošetřování fraktur (zejména nosní kostí, čelistí a obratlů) a dislokací (ramenní kloub). **Avicenna** seu **Abú Alí al-Husajn ibn Abdalláh ibn Síná** /980–1037/ vytvořil encyklopedii medicíny „Kitáb al-Kánún fi't-tibb (Kánon lékařství)“.

Co se týče chirurgie ve středověku, koncil konaný ve francouzském Tours v roce 1163 zakázal duchovním provozování chirurgie podle hesla „*ecclesia abhorret a sanguine (církve se hrozí styku s krví)*“, a tak se ve většině zemí oddělila chirurgie od univerzitní medicíny. Chirurgii se zabývali lázeňští, lazebníci, mastičkáři, bradýři a nunváři (zvěrokleštíci). Výjimkou byla jižní Francie a Itálie, v nichž dosáhla středověká chirurgie vynikající úrovně [112]. **Lanfranc z Milána** /1250–1306/ napsal díla „Chirurgia parva“ a „Chirurgia magna“ shrnují nejen obecné principy anatomie a embryologie, ale rovněž i problematiku fraktur a luxací [110]. **Guy de Chauliac** seu **Gudio de Cauliaco** /1298–1368/, vydal knihu „Chirurgia magna“, včetně léčby fraktur, dislokací a dalších chirurgických zásahů [110].

První historicky dokumentovaná oběť komplikací zlomeniny proximální části stehenní kosti v českých zemích, je pravděpodobně český král a římský císař **Karel IV.**, který zemřel na komplikace zlomeniny krčku stehenní kosti v roce 1378 po pádu z koně [10, 128].

Lorenzo Vala /1406-1457/ podle Jessenia přiřazuje výraz *femen* k vnitřní části beder a *femur* k vnější části, tedy *femen* je zadní a *femur* přední část [67].

První známý tisk lidské kostry vyšel v díle **Magnuse Hundta** „Antropologium“ v roce 1501, jenž je pravděpodobně odvozen od tisk přičítanému **Richardu Helainovi**, vytištěného v roce 1493 v Norimberku. **Leonardo da Vinci** /1452 – 1519/ ve své době předčil všechny lékaře a anatomy a na dlouhá desetiletí vytvořil nejdokonalejší náčrty a obrazy rozličných částí lidského těla (celkem asi 8000). **Andre Wesal** seu **Andreas van Wesels** seu **Andreas Vesalius** /1514–1564/, žák Sylvia, snad nejvýznamnější ze všech renesančních anatomů, vytvořil svým dílem ucelenou koncepci anatomie jako vědního oboru. Prováděl četné pitvy a v univerzitní aule v Bazileji můžeme dodnes vidět téměř celou kostru, kterou sám vyčistil a sestavil. Jeho nejvýznamnější dílo „De humani corporis fabrica libri septem (Sedm knih o stavbě lidského těla)“ (Bazilej 1543) je stěžejním dílem anatomie. První kniha popisuje kostru a chrupavky, druhá vazy a svaly. **Realdo Colombo** /1515-1559/, autor knihy „De re anatomica (O věcech anatomických)“ z roku 1559 aplikoval znalosti z anatomie ptáků o delší holenní kosti než stehenní na všechny čtyřnohá zvířata kromě opic [67]. **Gabriel Falloppio** /1523–1563/ prováděl výroční pitvy v Padově a ve svém díle „Observationes anatomicae“ z roku 1561 opravoval chyby Vesaliovy a soustředil se zejména na kostru a svalstvo [110]. **Bartolommeo Eustachii** /mezi 1500 a 1524–1574/ v roce 1552 vytvořil první skvělé anatomické tabule na měděných deskách „Tabulae Anatomicae“. **Johannes Jessenius** či **Ján Jesenský** /1566–1621/, poznamenává ve své „Anatomiae Pragae Anno MDC Selemniter Administrate Historia“ několik podstatných informací o svalech začínajících a upínajících se na stehenní kost. V „Traktátu o kostiach / De Ossibus Tractatus“ [68] můžeme v kapitole „Stehnová kost“ číst jeho názor na pojmenování stehenní kosti *Aulem Corneliem Celsem femur* od slova nosit (*ferre*), protože „živočích sa predovšetkým na nej nesie a opiera sa o ňu“. **Jessenius** podává podrobný popis celé stehenní kosti včetně chocholíků a popisu kyčelního kloubu. **Phillipus Aureolus Theoprastus Bombastus von Hohenheim** seu **Paracelsus** (1493-1541) zavrhoval odtržení chirurgie od medicíny a věnoval jí díla „Drei Bücher der Wundarznei (Tři knihy ranhojičství)“ a „Die grosse Wundarznei (Velká chirurgie)“ z roku 1528. **Ambroise Paré** /1510–1590/ začal důsledně používat ligatury při provádění amputací – „Dix livres de la chirurgie (Deset knih o chirurgii)“ z roku 1564 – např. při amputaci ve stehně bylo potřeba použít 53 ligatur. Frakturami a dislokacemi se poprvé obšírně

zabírá právě *Paré* ve své další knize „Cing livres de chirurgie (Pět knih o chirurgii)“ z roku 1572. Kvalitní anatomický atlas týkající se kostí „Osteographia (Zobrazení kostí)“ vydal **William Cheselden** /1688–1752/. Velmi podrobný a kvalitní anatomický atlas „Icones Anatomicae (Anatomické obrazy)“ vytvořil baron **Albrecht von Haller** /1708–1777/ [21]. **Bernard Siegfried Weiss seu Albinus** /1697–1770/ své spisy doplněné skvělými ilustracemi věnoval především kostem a svalům [17]. **Lorenz Heister** /1683–1758/ vydal první systematické učebnice chirurgie „Chirurgia“ (1718), „Institutiones chirurgiae (Výklad chirurgie)“ (1739) a „Die kleine Chirurgie (Malá chirurgie)“ (1747) [110]. Bratři **Hunterové**, chirurg **John** /1728–1793/ a anatom a chirurg **William** /1718–1783/ shromáždili pozoruhodnou sbírku anatomických a biologických exponátů, které se staly základem sbírky Hunterova muzea Královské chirurgické společnosti, včetně kostry proslulého irského obra Johna Byrna [110]. **John Abernethy** /1764–1831/ se snažil přeměnit chirurgii z řemesla na vědu v praxi. **Sir Astley Paton Cooper** /1768–1841/ dokázal amputovat dolní končetiny v kyčelním kloubu za 20 minut [17]. Ve Francii byl mistrem amputací **baron Dominique Jean Larrey** /1766–1842/ [110]. **Antonio Scarpa** /1752–1832/ v Pavii, vytvořil práce o kostech, zlomeninách a jejich nemocech. Vydal své dílo „Opusculi di chirurgia“ a dále práce věnované srovnávací anatomii člověka a zvířat ve vztahu ke struktuře kosti, osteogenezi, růstu kosti a její remodelování v letech 1799–1804 [110]. **Julius Wolff** /1836–1902/ přednášel především ortopedii a zabýval se architekturou kostí, zejména ve svém díle „Das Gesetz der Transformation der Knochen“ [110]. **Josias Weitbrecht** /1702–1747/ vydal první ucelenou učebnici arthorologie „*Syndesmologia sive historia ligamentorum corporis humani quam secundum observationes anatomicas concinnavit et figuris ad objecta recentia adumbratis illustravit.*“ v roce 1742 v Sankt Petěrburgu, doprovázenou dokonalými vyobrazeními, zahrnujícími i oblast kyčelního kloubu, u nějž zobrazil retinakula nesoucí jeho eponymum [130, 132]. **Robert Adams** /1795–1871/, mimo jiné jeden z autorů popisu Adams-Stokes-Morgagniho syndromu, uveřejnil v monumentálním encyklopedickém díle anatoma a chirurga **R.B. Todda** „Cyclopaedia of Anatomy and Physiology“ v letech 1836–1830 kapitulu o kyčelním kloubu a jeho patologických stavech, např. kongenitální luxace, artritida, osteoartritida, traumatická dislokace nebo zlomeniny [4]. V části popisující extrakapsulární zlomeninu krčku stehenní kosti (dle vyobrazení se jedná o pertrochanterickou zlomeninu) vyzdvihuje význam silného kortikálního oblouku, který nese od roku 1883 eponymum Adamsův oblouk. Jeho popis je neprávem přisuzován anglickému chirurgovi **Williamu Adamsovi** [9].

3.3. **Historický přehled klasifikace zlomenin proximálního femuru s důrazem na oblast trochanterického masivu femuru**

V průběhu vývoje docházelo k vytvoření celé řady klasifikací zlomenin proximálního konce femuru, které jsou založeny na hodnocení různých atributů. Většinou však respektují základní morfologické uspořádání proximálního femuru a rozlišují dvě hlavní skupiny: zlomeniny krčku femuru a zlomeniny v oblasti trochanterického masivu. Nejobecnější rozdělení je podle vztahu ke kyčelnímu kloubu, respektive úponu kloubního pouzdra a jeho vazů na zlomeniny intrakapsulární a extrakapsulární. Základní rozdělení extrakapsulárních zlomenin proximálního femuru je založena na anatomickém umístění: na bazicervikální, trochanterické (per- a intertrochanterické) a subtrochanterické [7].

Vzhledem k tématu této práce je blíže pojednáno o klasifikaci zlomenin, jejichž lomná linie prochází napříč trochantery – o klasifikaci pertrochanterických zlomenin. Ve světovém písemnictví jsou v posledních 20 letech nejčastěji citovány tyto klasifikace: Boydova-Griffinova, Evansova, Hafnerova, Wadeova, AO klasifikace, Massieho, Enderova, Tronzova, Jensenova-Michaelsenova, Kyleova, Herrlinova, a Debrunerova-Čechova.

V roce 1949 Boyd a Griffin [16] publikovali práci, ve které rozčlenili fraktury trochanterického masivu s ohledem na mechanismus vzniku a stabilitu zlomeniny. V roce 1949

Evans [39] navrhl jednoduchou klasifikaci založenou na stabilitě zlomeniny a určenou rentgenologicky pre- a postrepozici. V roce 1951 Hafner [52] klasifikoval trochanterické zlomeniny jednoduše na dislokované a nedislokované. Wade [129] v roce 1959 rozdělil zlomeniny na dislokované a nedislokované bez ohledu na stabilitu zlomeniny. V roce 1958 vznikla ve Švýcarsku pracovní skupina 15 chirurgů a ortopedů, tzv. Arbeitsgemeinschaft für die Osteosynthesefragen (AO) pod vedením Müllera, Allgövrera a Willeneggera, která si dala za úkol prověřit dosavadní způsoby operačního léčení zlomenin. Byla zavedena centrální dokumentace, která umožnila shromáždit během prvních pěti let zkušenosti ze 4000 osteosyntéz. Výsledky byly zveřejněny v roce 1963 v knize „Technik der operativen Frakturbehandlung“ [97]. Kromě řešení osteosyntézy skupina AO také přehodnotila klasifikace zlomenin jednotlivých částí skeletu lidského těla. V roce 1964 publikoval vlastní rozdělení Massie [89]. Ten rozdělil extrakapsulární zlomeniny do tří skupin, na nedislokované a dislokované, kde ale již zohlednil jejich stabilitu. Ender navrhl v roce 1970 klasifikaci založenou na mechanismu úrazu, zavedl termíny jako everzní fraktura a inverzní fraktura [38]. V roce 1973 Tronzo rozděluje typ III Boydovy a Griffinovy klasifikace tj. trochanterické zlomeniny s odtržením malého trochanteru ještě dále do dvou skupin. V roce 1975 Jensen a Michaelsen publikovali klasifikaci novou, založenou na hodnocení počátečních rentgenových snímků [65]. V roce 1979 se vrátil Kyle ke klasifikaci Evansově a přerozdělil ji do čtyř skupin [82, 104]. V klinické praxi se s oblibou fraktury trochanterického masivu dělí na 2-fragmentové a více než 2-fragmentové, neboli kominutivní zlomeniny. V roce 1988 Herrlin upozornil na zlomeniny, kde je *trochanter minor* odtržen a tím narušen mediální nosný pilíř [55]. Do klinické praxe u nás se vžila klasifikace Debrunnera a Čecha, kteří klasifikují zlomeniny trochanterického masivu pouze do dvou skupin: na stabilní a nestabilní [29].

3.4. Historický přehled léčby zlomenin s lomnou linií v trochanterickém masivu femuru

Léčba zlomenin trochanterického masivu prodělala vývoj od původně konzervativní k v současné době téměř výlučně operační. Konzervativní léčba je zatížena vysokou letalitou vzhledem k vzniku komplikací typických pro dlouhodobou imobilizaci (tromboembolická choroba, hypostatická pneumonie, uroinfekt, dekubity). Proto je v dnešní době preferována léčba operační spočívající v exaktní repozici fragmentů (obvykle zavřené) a následném provedení stabilní osteosyntézy zabezpečující možnost zhojení zlomeniny i v případě časně vertikalizace pacienta [96].

V roce 1932 a 1934 navrhli nezávisle na sobě Jerusalem [66] a Johannson [71] zavřený způsob osteosyntézy. K osteosyntéze tohoto typu se používali hřeb Smith-Petersenův. V roce 1936 publikovali Dyas a Aries [37] návrh k fixaci úlomků pertrochanterických zlomenin použitím svazek Kirschnerových drátů. V roce 1937 modifikovali Smith-Petersenův hřeb přidáním kovové destičky (dlahy) přiložené a přišroubované pevně k diafýze femuru McLaughlin [90] a Thornton [125]. Obměnou Smith-Petersenova hřebování je také stabilizace pomocí Hafnerem popsanou metodou použití mimořádně strmě zavedeného Küntscherova hřebu [52]. Novinkou bylo použití závrtného šroubu Hendersonem [54]. V roce 1940 vypracoval a do praxe zavedl manuál nitrodřeňového hřebování G. Küntscher [14, 79]. V roce 1950 publikoval Lezius metodu, kdy zaváděl ohnutý hřeb z mediální strany stehna přes krajinu trochanterickou, krček až do hlavice [85]. V roce 1941 navázal na McLaughlinovu modifikaci třílamelového hřebu Jewet a vytvořil hřeb s dlahou, ale již z jednoho kusu [69]. V roce 1959 publikoval Krottschek metodu použitelnou u tříštivých a nestabilních pertrochanterických zlomenin [77]. Tento postup pak zdokonalil roku 1973 Dimon [30] a Povacz [111]. V roce 1965 Küntscher zavedl skrz mediální kondyl femuru do hlavice ohnutý tzv. trochanterický hřeb [80, 81, 127]. V roce 1968 Simon-Weidner [117] a po nich Ender [38] modifikovali Hackethalovu metodu hřebování svazkem tenkých hřebů pro použití v krajině proximálního femuru. Dalším přínosem v léčbě pertrochanterických zlomenin byly výsledky skupiny AO [58, 98]. U jednoduchých pertrochanterických zlomenin s případným odtržením

jednoho nebo obou trochanterů navrhli používat 130° úhlovou dlahu a u intertrochanterických a subtrochanterických zlomenin používat 95° kondylární dlahu. Roku 1969 navrhli Debrunner a Čech pro tříštivé pertrochanterické zlomeniny novou metodu, a to valgizující osteotomii s klínovitou resekcí roztříštěné porotické části trochanterického masivu.

V současné době je osteosyntéza dynamic hip screw DHS považována za metodu volby u stabilních pertrochanterických zlomenin [113], která při odtržení trochanter major je umožňuje použití podpěrné dlahy. Další možností stabilizace v dnešní době je, zejména v případě odlomení celé crista intertrochanterica a nejisté stability zlomeniny, použití proximal femoral nail PFN [116] či proximálního femorálního hřebu PFH domácí provenience. V případě, že zlomenina je otevřená, je možná volba Schanzových šroubů v kombinaci se zevním fixátérem [91].

4. METODIKA

4.1. Makroskopická pitva svalových úponů v oblasti trochanterického masivu femuru

Na 40 fixovaných anatomických preparátech horního konce femuru, bez rozlišení věku a pohlaví, byla provedena studie svalových a vazivových úponů v oblasti *trochanter major* a *trochanter minor*, *crista intertrochanterica* a *fossa trochanterica*. Byl sledován způsob inserce *musculus iliopsoas*, *musculus pectineus (trochanter minor)*, *musculus quadratus femoris (crista intertrochanterica)*, *musculus piriformis*, *musculus obturatorius internus a musculus obturatorius externus*, *musculus gemellus superior a musculus gemellus inferior (fossa trochanterica)*, *musculus gluteus medius a musculus gluteus minimus (trochanter major)*. Byl sledován také způsob prostorového uspořádání svalových a vazivových úponů s důrazem na popis nekrytého kostního povrchu. Po makroskopické preparaci vybraných regionů jsme mikrometrem na preparátech měřili vzdálenosti na *crista intertrochanterica*: celkovou délku kostního hřebene (mezi špendlíky zabodnutými do vrcholů obou trochanterů), délku dvou porcí úponu *musculus quadratus femoris* a délku muskulárně-ligamentózním aparátém nekryté distální části *crista intertrochanterica*.

4.2. Výbrusy centrálních cévních kanálů v haverské kosti proximálního konce femuru – zobrazení osteonů

Struktura kostí byla analyzována na povrchových výbrusech zhotovených metodikou autorů Heřt, Fiala, Petrtýl [57]: po zbroušení povrchových lamel na ploše krčku i trochanterické oblasti byl vetřením červené a zelené tuše zobrazen směr a uspořádání centrálních cévních kanálů systémů haversky uspořádaných lamel. K několikastupňovému vybroušení byla použita řada brusných papírů se stále jemnějším vzorem (Carborundum Eletrite 400, 800, Schmirgelpapier SIA C560, Silicon Carbide Waterproof 800, 1200) a k vyleštění povrchu kosti brusné pasty (Rexin by Werner a Mertz). Opakovaným vybrušováním bylo postupováno do hloubky a zobrazeny tak sítě těchto kanálů a získána reálná představa o prostorovém průběhu osteonů. Byly vytvořeny a hodnoceny výbrusy na 20 suchých preparátech proximálního femuru ze sbírek Ústavu anatomie 3. LF UK, kdy kosti nebyly rozlišeny podle věku ani pohlaví. Byly použity pouze kosti dospělých jedinců, kde růstové štěrby již nebyly patrné a nebyly výrazné odchylky tvaru (varus x valgus). Z deseti již vybroušených preparátů byly zhotoveny také příčné a podélné řezy s výbrusy. Tyto výbrusy umožnily vyloučit zobrazení artefaktů v povrchové periostální lamelové kosti. Zobrazené průběhy osteonů byly porovnány se zobrazeními v literatuře [11, 20, 57, 84, 118] a s průběhem jednotlivých typických lomných linií klasifikací pertrochanterických zlomenin získaných z literatury [16, 29, 38, 39, 52, 55, 65, 82, 89, 97, 126, 129].

4.3. Dokumentace cévních otvorů v oblasti trochanterického masivu femuru

Sledovaný soubor obsahoval 106 suchých preparátů femuru z kostních sbírek našeho anatomického ústavu, z toho 56 pravých a 50 levých stehenních kostí. Femury nebyly sledovány stran pohlaví, věku (byly ale použity pouze femury bez perzistujících epifyzárních štěrbin) a strany. Pro studium cévních otvorů byl trochanterický masiv rozdělen do tří částí – *crista intertrochanterica*, malý a velký trochanter. *Trochanter minor* byl dále rozčleněn do čtyř kvadrantů – medioproximální, mediodistální, lateroproximální a laterodistální. *Trochanter major* byl také rozčleněn do čtyř částí – dorsální baze, ventrální baze, apex a *fossa trochanterica*. Nalezené cévní otvory byly rozděleny do dvou skupin podle velikosti jejich průměru – větší a menší než jeden milimetr. Průměry otvorů byly měřeny mikrometrem. Statistické vyhodnocení proběhlo za použití standardních statistických jednotek – průměr, rozptyl, směrodatná odchylka, směrodatná chyba, medián, modus, interval spolehlivosti a prostý součet. Získaná data byla porovnána s typickými průběhy lomných linií pertrochanterických zlomenin se vznikem typických úlomků a podle klasifikace AO 31A1 a 31A2.

Získaná data byla následně také analyzována z pohledu statistické normálnosti distribuce cévních otvorů v jednotlivých regionech. V hodnocení byl využit Kolmogorov-Smirnovův test dobré shody a jeho Lilieforsova varianta [78, 101]. Byl zkoumán spojitý znak (počet cévních otvorů) ve výběru o n prvcích (počet femurů) a byla testována nulová hypotéza H_0 , že náš výběr má normální rozložení.

Výběr rozsahu n byl seřazen podle velikosti

$$x_1 < x_2 < \dots < x_n$$

x_i byla označena nejmenší hodnota výběru. Následně byla spočítána empirická distribuční funkce $\hat{F}(x)$ takto:

jestliže $-\infty \leq x < x_i$, pak $\hat{F}(x) = 0$

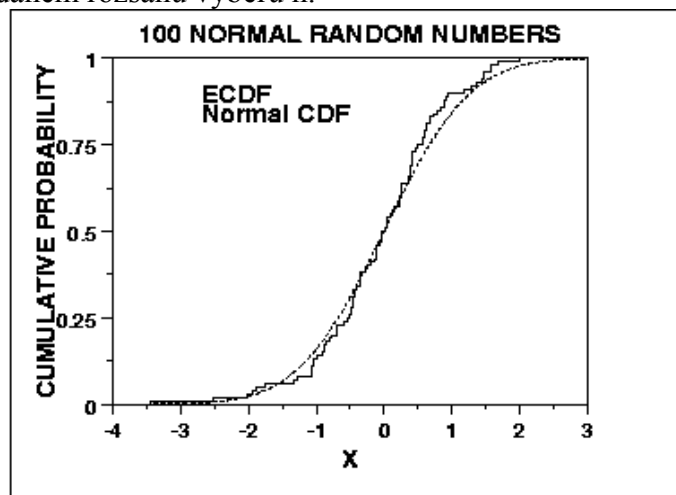
jestliže $x_i \leq x < x_{i+1}$, pak $\hat{F} = \frac{i}{n}$, pro $i = 1, 2, \dots, n-1$

jestliže $x_n \leq x < \infty$, pak $\hat{F}(x) = 1$.

Byla zvolena teoretická distribuční funkce $F_0(x)$ a spočítán rozdíl empirické a teoretické distribuční funkce. Testovací charakteristika je maximální hodnota z absolutních hodnot zjištěných diferencí, tedy:

$$D = \max |\hat{F}(x) - F_0(x)|$$

Nulová hypotéza je zamítnuta, jestliže $D > D_a$, ($p <$ jako námi požadované α), kde D_a je kritická mez při zvoleném α a daném rozsahu výběru n .



V grafu pak ECDF je empirická kumulativní distribuční funkce a Normal CDF teoretická Kolmogorovova kumulativní distribuční funkce.

V Lillieforsově verzi pak místo Normal CDF byla použita normální distribuční funkce. Normální rozdělení pravděpodobnosti s parametry μ a σ^2 , pro $-\infty < \mu < \infty$ a $\sigma^2 > 0$, je pro $-\infty < x < \infty$ definováno hustotou pravděpodobnosti ve tvaru

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Parametry μ a σ^2 byly odhadnuty pomocí dat výběrových:

$$\mu = \bar{x}, \quad \sigma^2 = s^2.$$

Pokud spočtené $D < D_\alpha$, potom je $p > \alpha$ a není zamítnuta nulová hypotézu a lze prohlásit, že náš výběr má normální rozložení.

4.4. Dokumentace lomných linií trochanterického masivu s použitím RTG snímků

Podle dotazníků používaných při úrazovém příjmu na Ortopedicko- traumatologickou kliniku byl vytvořen seznam případů s pertrochanterickou zlomeninou. Soubor obsahoval 99 identifikovaných a dohledaných RTG snímků, na kterých nebyl rozlišován věk, pohlaví či kvalitativní stav kosti. Z RTG snímků byla odečítána lomná linie a zanesena do schématu proximálního femuru.

Bylo sledováno pět skupin lomných linií – procházející paralelně s *linea intertrochanterica*, procházející laterálně skrz *trochanter major*, procházející vrcholem *trochanter minor*, procházející bází *trochanter minor* zabíhající do mediálního opěrného oblouku a kominuce trochanterického masivu. Ze zastoupení jednotlivých lomných linií byl vytvořen sumarizovaný procentuální model nejčastějších lomných linií.

4.5. Vytvoření biomechanického MKP modelu proximálního konce femuru

Působení vnějšího zatížení na kost vyvolá vznik vnitřního napětí ve struktuře kostí tkáně. Struktura kostní tkáně je svou stavbou optimálně přizpůsobena přenosu tohoto napětí. Je popsána přímá souvislost mezi orientací osteonů a působením hlavních složek napětí vzniklých působením vnějších silových účinků [60, 105]. Osteony jsou vždy orientovány ve směru vektoru napětí, které přenáší kostní tkáň tj. v místě kde je kost namáhána je vysoká hustota kostní tkáně, která je navíc výrazně orientována [11, 25, 107].

Pro analýzu odezvy poddajných těles na zatížení je vhodné použití metody konečných prvků (MKP). Tato výpočtová metoda byla použita pro zjištění rozložení hlavních složek napětí ve femuru při jeho zatížení [100]. Cílem výpočtové analýzy bylo zjistit velikosti napětí a orientaci hlavních napětí. Tato orientace by měla být ve shodě s orientací osteonů. Dalším cílem bylo posoudit význam *calcar femoris* vzhledem ke stabilitě kosti při odtržení malého chocholíku.

Geometrický model femuru byl získán ze souboru CT snímků pořízených na suchém vzorku stehenní kosti [115]. Byl modelován pouze proximální konec femuru. Pro zjištění stability femuru při odtržení malého chocholíku byl tento odebrán, ale byl zachován *calcar femoris* [3, 18, 50, 53, 87]. Výpočtový MKP model byl vytvořen v programu ABAQUS (Simulia Inc.). Kompletní síť obsahovala 64 273 nódů a 356 203 lineárních tetrahedronových elementů. Hustota sítě byla volena s ohledem na rozmanitost vnitřní struktury kosti velmi jemná. Materiálové vlastnosti femuru byly modelovány na základě hustoty kostní tkáně, které odpovídá stupeň šedi na CT snímcích. Takto bylo definováno 50 materiálových modelů. Všechny materiálové modely byly definovány jako lineární, isotropní a homogenní, kde modul pružnosti E byl stanoven jako funkce hustoty tkáně v rozsahu 41 – 19 849 MPa. U všech modelů byla Poissonova konstanta $\nu = 0,3$ a žádný

materiálový model nebyl směrově orientovaný. Model femuru byl zatížen soustavou vnějších sil, které odpovídají zatížení během chůze. Pro tuto simulaci byly definovány pouze síly vznikající od svalových skupin, které se upínají na malý a velký trochanter femuru. Dále zde byla zavedena síla odpovídající reakci, která vzniká při kontaktu jamky s hlavicí femuru. Velikosti působících sil byly převzaty z literatury [12, 36, 123]. Distální konec femuru byl vetknutý.

Byly provedeny tři výpočtové analýzy: V první (Analýza I) byly všechny síly aplikovány na kompletní model femuru. Při druhé (Analýza II) byly na kompletní model aplikovány pouze síly od svalů na *trochanter major* a síla od reakce, která vzniká při kontaktu jamky s hlavicí femuru. Při třetí (Analýza III) byly na model bez *trochanter minor* (se zachováním *calcar femoris*) aplikovány pouze síly od svalů na *trochanter major* a síla od reakce, která vzniká při kontaktu jamky s hlavicí femuru. Všechny analýzy byly definovány jako statické a nelineární úlohy.

Pro provedení výpočtové analýzy byla použita metoda konečných prvků. Geometrický model femuru byl získán ze souboru CT snímků pořízených na suchém vzorku stehenní kosti v základních rovinách (řezy tloušťky 1 mm, 0,33 mm pixelů, 512 x 512 matrix). Z CT scanů byl třídímně rekonstruován geometrický tvar femuru použitím software AMIRA (Mercury Computer Systems, Inc.) a exportován jako STL soubor. Přes STL soubor byl model konvertován do sítě konečných prvků automaticky pomocí 3d tetrahedral mesh generátoru NETGEN (Schoberl J, <http://www.hpfem.jku.at/netgen/index.html>). Na tomto modelu byly modelovány kompaktní a spongiózní tkáň. Spongiózní tkáň byla definována jako isotropní nehomogenní materiál, kde hodnoty materiálových konstant (E a ν) byly uvažovány v závislosti na hustotě kostní tkáně, získané z CT scanů [73, 109]. Modul elasticity a Poissonův koeficient pro každý element byly vypočteny ze získaných dat metodou podle [109] -

$$\begin{aligned} E &= 1904 \cdot \rho^{1,64} \\ \nu &= 0,41 \end{aligned} \quad (1)$$

kde ρ je hustota kostní tkáně. Kompaktní tkáň byla modelována jako anizotropní nehomogenní materiál, kde orientace materiálu byla volena ve shodě s anatomickými výbrusy. Materiálové konstanty byly definovány podle

$$\begin{aligned} E_1 &= 2314 \cdot \rho^{1,57} & E_2 &= 2314 \cdot \rho^{1,57} & E_3 &= 2065 \cdot \rho^{3,09} \\ G_{12} &= \frac{G_{12max} \cdot \rho^2}{\rho_{max}^2} & G_{23} &= \frac{G_{23max} \cdot \rho^2}{\rho_{max}^2} & G_{31} &= \frac{G_{31max} \cdot \rho^2}{\rho_{max}^2} \\ \nu_{12} &= 0,4 & \nu_{23} &= 0,25 & \nu_{31} &= 0,25 \end{aligned} \quad (2)$$

kde maximální hodnoty smykového napětí jsou $G_{12max} = 5,71$ MPa, $G_{23max} = 7,11$ MPa a $G_{31max} = 6,58$ MPa. Orientace materiálových vlastností kompaktní tkáně tak přímo kopírovala orientaci a distribuci osteonů v kostní tkáni kompakty. Model femuru byl zatížen soustavou vnějších sil, které odpovídají zatížení během chůze 80 kg vážícího muže ve fázi stoje na jedné noze. Pro tuto simulaci byly definovány pouze síly vznikající jako reakce na hlavicí femuru a od svalových skupin, které se upínají na malý a velký chocholík femuru. Dále zde byla zavedena síla odpovídající reakci, která vzniká při kontaktu jamky s hlavicí femuru. Velikosti působících sil byly převzaty z literatury [19, 109, 114]. Distální konec femuru byl vetknutý. Úloha byla řešena jako nelineární statická úloha za použití analytického software metody konečných prvků ABAQUS 661 (ABAQUS, Simulia Inc).

5. VÝSLEDKY

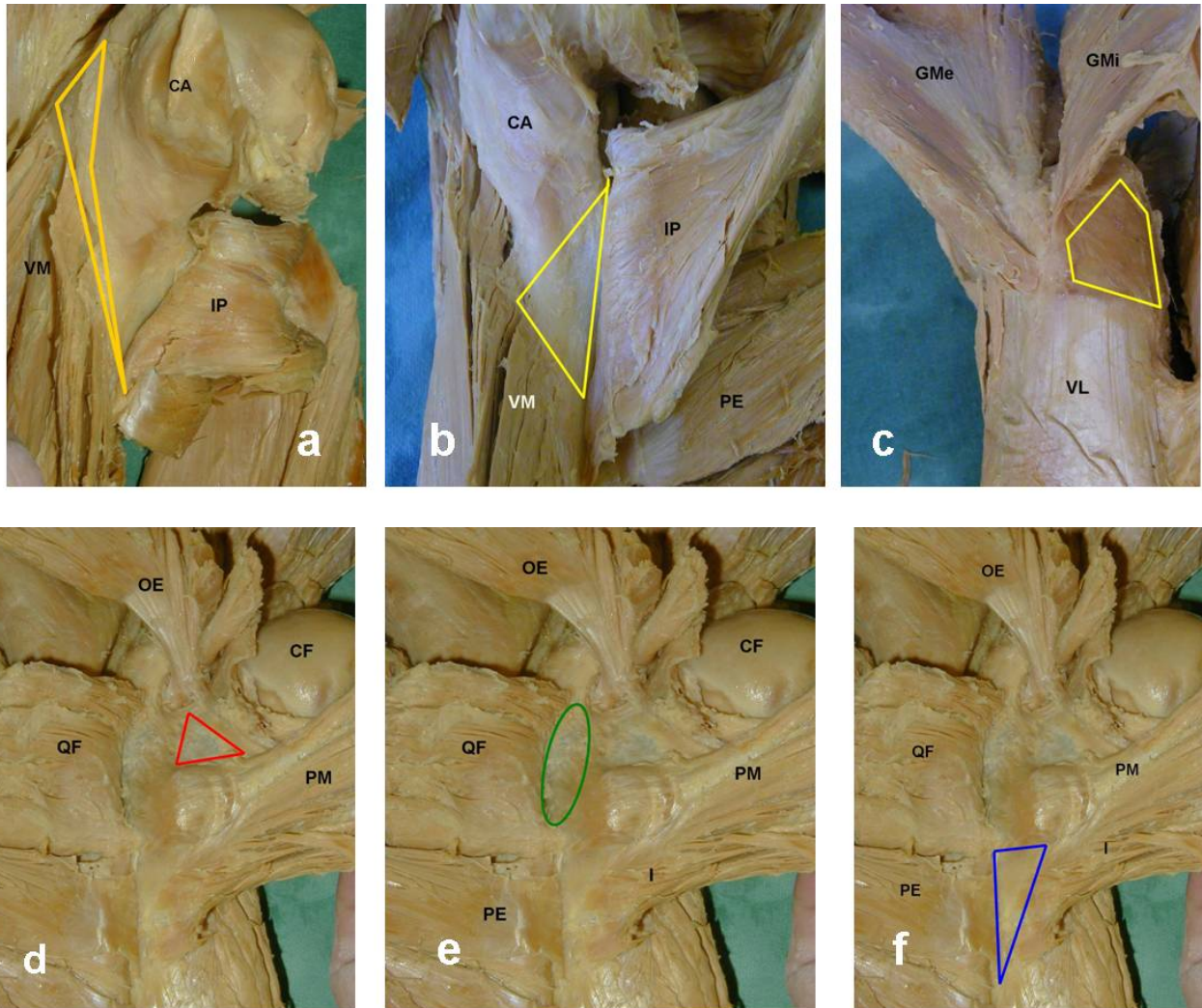
5.1. Detailní makroskopický popis svalově-vazivového aparátu oblasti trochanterického masivu femuru

Na makroskopických preparátech jsme našli následující uspořádání :

1. oblast *linea intertrochanterica*: proximálně podél celé *linea intertrochanterica* se upíná kloubní pouzdro kyčelního kloubu zesílené pomocí obou ramen *ligamentum iliofemorale*, distálně od ní začínají *musculi vasti medialis, lateralis et intermedius*.
2. oblast *crista intertrochanterica*: *musculus quadratus femoris* se zde upíná ve dvou porcích – okrouhlá na *tuberculum quadratum femoris* a podélná pokračuje distálně od předchozí. Na vypitvaných preparátech jsme popsali variace velikosti úponu *musculus quadratus femoris*. Variabilita tohoto úponu podmiňuje proměnlivost velikosti nekryté distální části *crista intertrochanterica*.
3. oblast *fossa trochanterica*: přímo do *fossa trochanterica* se upíná pouze *musculus obturatorius externus*. Šlachy *musculus obturatorius internus* a oba *musculi gemelli superior et inferior* se upínají nad tuto jámu, na ventromediální část dorsální strany *trochanter major*. Šlacha *musculus piriformis* se upíná ventrolaterálně od nich, ventromediálně od hrotu velkého chocholíku – 22 případů (73 %), nebo splývá se šlachami předcházejících tří svalů, v pěti případech (23 %), v jednom případě (3%) se upínal rozdvojenou šlachou navíc na hrot *trochanter major*.
4. oblast *trochanter major*: velký chocholík je dorzálně překryt svaly, které se na něj upínají v pořadí *musculus gluteus minimus* nejhluběji na ventrální okraj, *musculus gluteus medius* ve střední vrstvě dorzálněji od předešlého a povrchově uloženým *musculus gluteus maximus* s úponem na *tuberositas glutea*.
5. oblast *trochanter minor*: přímo na *trochanter minor* se upíná *musculus iliopsoas* a to dvěma porcemi – první, okrouhlá porce je šlachou *musculus psoas major* a upíná se na hrot malého chocholíku, druhá, podélná porce je šlachou *musculus iliacus*, který mediálně obemývá úpon *musculus psoas major* a vybíhá distálně od baze *trochanter minor*, mediálně od úponu *musculus pectineus*. *Musculus pectineus* se upíná distálněji a laterálně od baze *trochanter minor*.

Na vypitvaných preparátech jsme také identifikovali šest míst nekrytých žádnou svalovou ani vazivovou strukturou (obr. 1):

1. na ventrální ploše horního konce femuru je to místo distálně od úponu kloubního pouzdra na *linea intertrochanterica* (obr. 1a)
2. na laterální ploše místo při *tuberculum innominatum* proximálně od začátku *musculus vastus lateralis* (obr. 1c)
3. na dorsální ploše jsou to trojúhelník mezi úpony *musculus iliacus* a *musculus pectineus* (obr. 1f)
4. trojúhelníkové pole na dorsální ploše krčku femuru mezi kloubním pouzdrém, *trochanter minor* a *crista intertrochanterica* (obr. 1d)
5. oblast *crista intertrochanterica* distálně od úponu okrouhlé porce *musculus quadratus femoris* (obr. 1e)
6. na mediální ploše oblast ve tvaru trojúhelníka mezi úpony *musculus iliopsoas*, *musculus vastus medialis* a *capsula articularis* (obr. 1b)



Obrázek 1. Nekrytá místa proximálního konce femuru

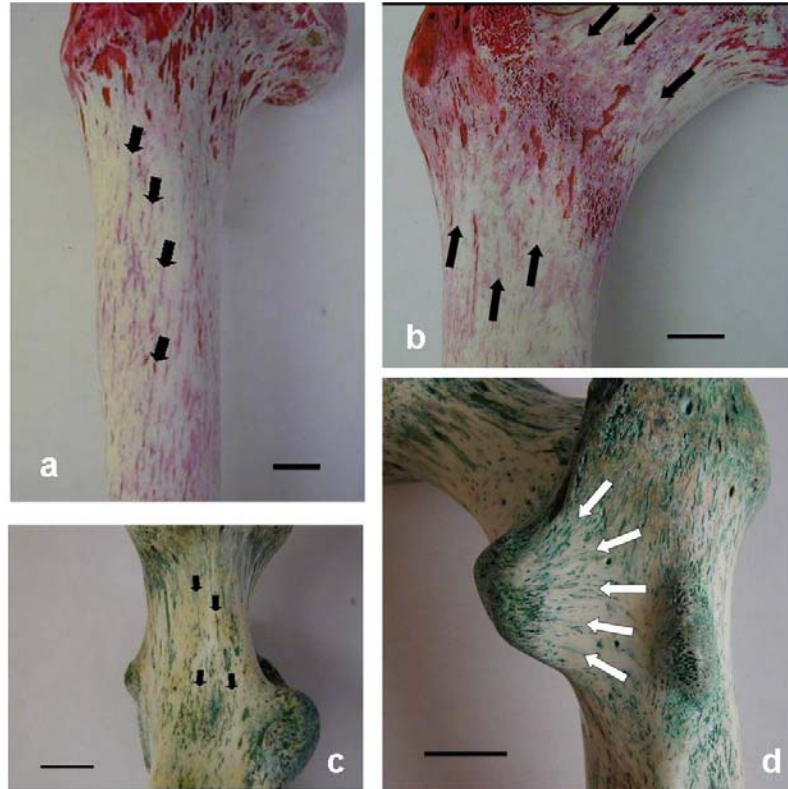
5.2. Zobrazení systémů osteonů v kortikální kosti proximálního konce femuru

Na krčku femuru vytvářejí centrální cévní kanály haversky přestavěné kosti, tím i osteony, systémy probíhající rovnoběžně s podélnou osou krčku (obr. 2b).

Oblast *trochanter minor* lze rozdělit do dvou částí. V kortikalis lemující ventromediální bazi malého chocholíku přecházejí osteony plynule z krčku femuru na diafýzu (obr. 2c). V kortikalis dorsolaterální oblasti *trochanter minor* vytvářejí osteony systém vějířovitě se rozbíhající od jeho vrcholu k bazi (obr. 2d).

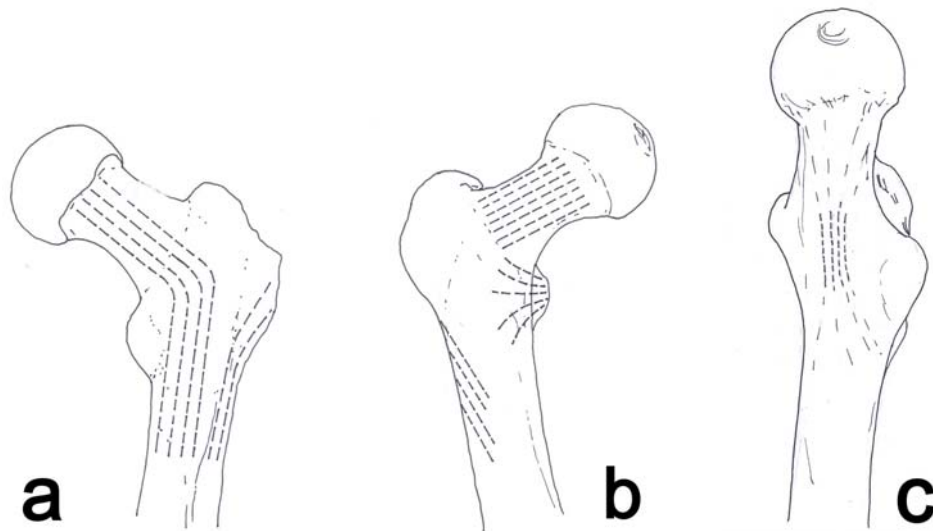
V přední a anterolaterální části pod bází *trochanter major* jsme pozorovali deviaci osteonů laterodorsálním směrem – ve smyslu zevní rotace (obr. 2a).

V oblasti *linea intertrochanterica* vytvářejí osteony systémy plynule zaobleně přecházející z *collum femoris* na diafýzu (obr. 2b).



Obrázek 2. Průběh osteonů v kortikální kosti proximálního femuru (šipky)

Sumárně jsou průběhy shrnuty na obrázcích (obr. 3).



Obrázek 3. Schéma průběhu osteonů: a - zepředu, b - zezadu, c – mediálně

Kompakta zbývajících částí trochanterického masivu a *trochanter major* je tvořena pouze velmi tenkou lamelárně uspořádanou kostí a není sekundárně haversky přestavěná.

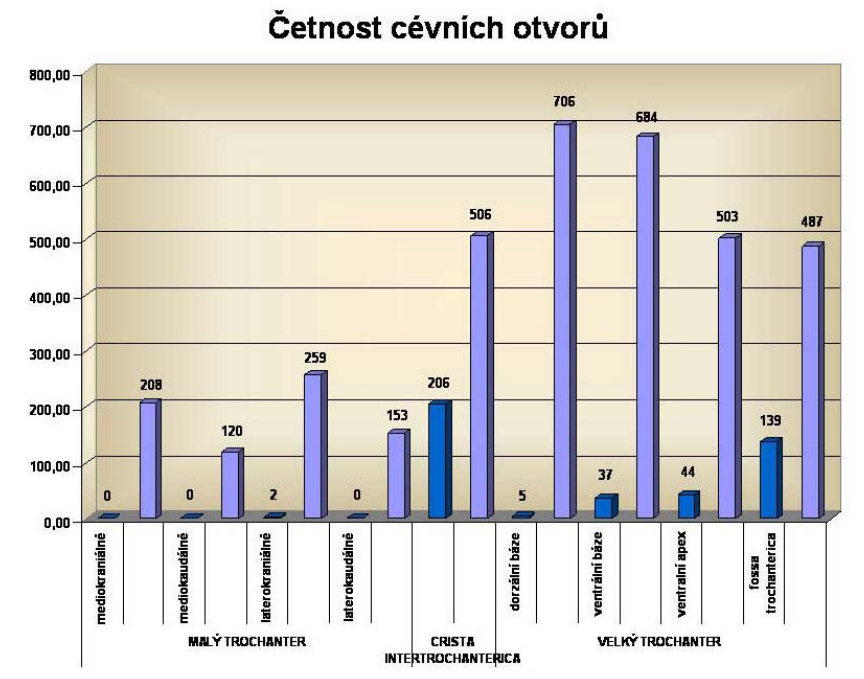
5.3. Popis a vyhodnocení cévních otvorů v oblasti trochanterického masivu femuru

Sledovaný soubor obsahoval 106 femurů. Nejvyšší sumární četnost otvorů větších než 1mm je v oblastech *crista intertrochanterica* a *fossa intertrochanterica*. Nejvyšší sumární četnost otvorů

menších než 1mm je v laterálních částech velkého trochanteru, v mediokraniální a laterokraniální oblasti malého trochanteru (tab. 1, graf 1).

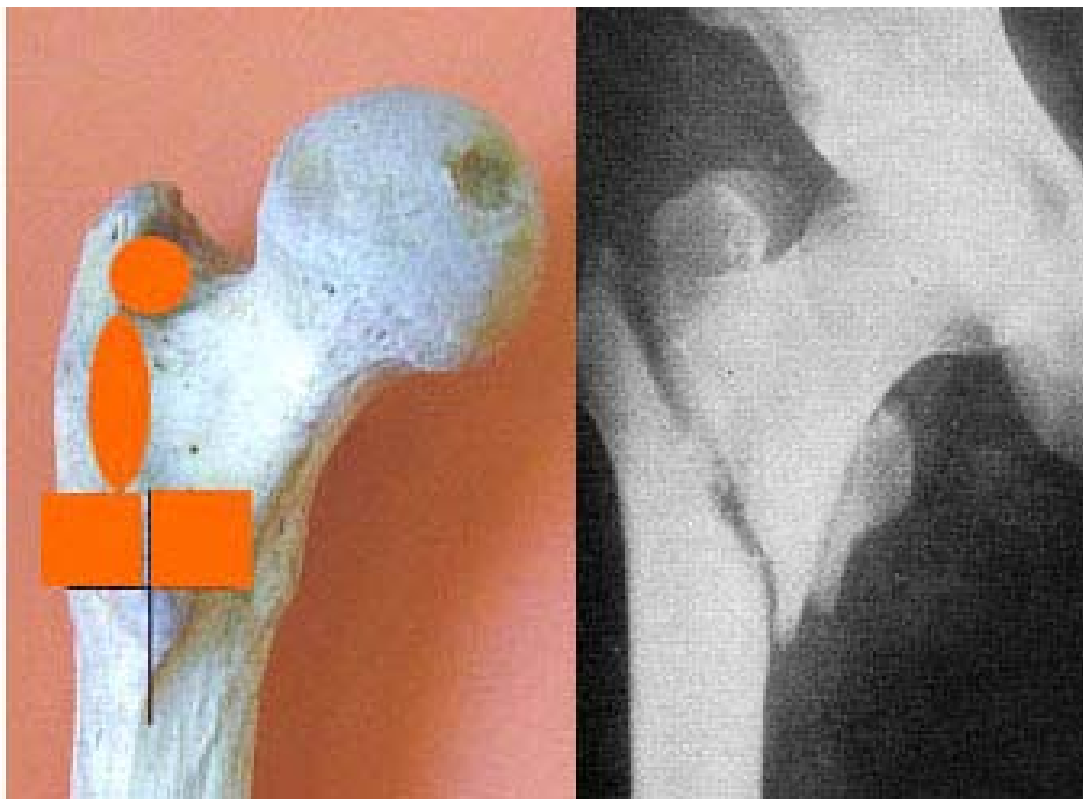
		N platných	Průměr	Int. spolehl. -95,00%	Int. spolehl. 95,00%	Medián	Modus	Četnost modu	Součet	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrod. odchylka	Směrod. chyba	
MALÝ TROCHANTER	mediokraniálně	> 1mm	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		< 1mm	106	1,96	1,59	2,34	2,00	0	27	208,00	0,00	11,00	3,81	1,95	0,19
	mediokaudálně	> 1mm	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		< 1mm	106	1,13	0,83	1,44	1,00	0	51	120,00	0,00	8,00	2,50	1,58	0,15
	laterokraniálně	> 1mm	106	0,02	-0,01	0,05	0,00	0	104	2,00	0,00	1,00	0,02	0,14	0,01
		< 1mm	106	2,44	1,96	2,93	2,00	0	32	259,00	0,00	11,00	6,34	2,52	0,24
laterokaudálně	> 1mm	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	< 1mm	106	1,44	1,15	1,73	1,00	0	36	153,00	0,00	8,00	2,29	1,51	0,15	
CRISTA INTERTROCHANTERICA		> 1mm	106	1,94	1,68	2,21	2,00	2	28	206,00	0,00	6,00	1,86	1,37	0,13
		< 1mm	106	4,77	4,22	5,33	5,00	5	20	506,00	0,00	18,00	8,37	2,89	0,28
VELKÝ TROCHANTER	dorzální báze	> 1mm	106	0,05	0,00	0,10	0,00	0	102	5,00	0,00	2,00	0,06	0,25	0,02
		< 1mm	106	6,66	5,63	7,69	6,00	0	17	706,00	0,00	25,00	28,47	5,34	0,52
	ventrální báze	> 1mm	106	0,35	0,20	0,49	0,00	0	84	37,00	0,00	3,00	0,57	0,76	0,07
		< 1mm	106	6,45	5,71	7,20	6,00	6	21	684,00	0,00	23,00	14,97	3,87	0,38
	ventrální apex	> 1mm	106	0,42	0,25	0,58	0,00	0	77	44,00	0,00	5,00	0,70	0,84	0,08
		< 1mm	106	4,75	4,09	5,40	5,00	5	23	503,00	0,00	16,00	11,54	3,40	0,33
fossa trochanterica	> 1mm	106	1,31	1,07	1,55	1,00	1	38	139,00	0,00	6,00	1,55	1,24	0,12	
	< 1mm	106	4,59	4,17	5,01	5,00	4	24	487,00	0,00	11,00	4,76	2,18	0,21	

Tabulka 1. Sumární přehledná statistika distribuce cévních otvorů v jednotlivých regionech



Graf 1. Grafické vyjádření počtu otvorů v jednotlivých regionech

Výsledky byly porovnány s průběhem typických lomných linií pertrochanterických zlomenin a zjištěno, že akumulace cévních otvorů v jednotlivých regionech proximálního femuru odpovídá průmětům lomných linií na povrch kosti (obr. 4).



Obrázek 4. Porovnání míst s největší akumulací cévních otvorů (plná červená pole) a příkladem typické pertrochanterické zlomeniny

Při statistickém vyhodnocování bylo použito Kolmogorov-Smirnova testu dobré shody a také jeho Lillieforsova verze, abychom zjistili, zda distribuce cévních otvorů v kortikální kosti trochanterického masivu je ze statistického hlediska normální. Aby toto bylo splněno, musí p podle daného vzorce dosahovat hodnot větších než 0,05. Této velikosti však bylo dosaženo pouze v oblastech *crista intertrochanterica* pro obě velikosti otvorů, pro otvory menší než jeden milimetr v oblasti velkého trochanteru a *fossa trochanterica*). Z hlediska statistického pak distribuce otvorů větších než jeden milimetr ve zbývajících regionech velkého trochanteru a ve všech regionech trochanteru malého je menší než 0,05 a tedy neodpovídá normálním parametřům.

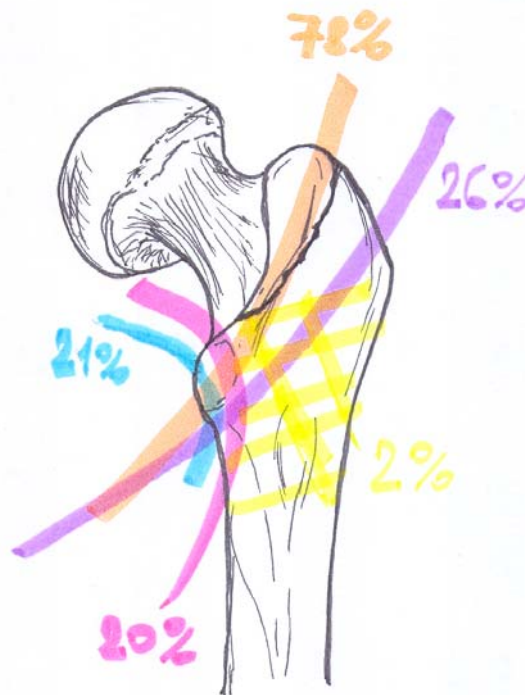
5.4. Popis a vyhodnocení lomných linií v trochanterickém masivu femuru na RTG snímcích

Soubor byl tvořen 99 RTG snímků pertrochanterické zlomeniny. Z těchto snímků po rozdělení lomných linií do jednotlivých skupin se prokázalo, že nejčastěji lomná linie probíhá paralelně s rovinou proloženou *linea intertrochanterica* a *crista intertrochanterica*, druhou nejčastěji zastoupenou skupinou byla lomná linie procházející laterálním okrajem *trochanter major* a zanechávající z něho pouze úzký hrot, dalšími téměř shodně zastoupenými skupinami byla linie procházející hrotem *trochanter minor* a skupina procházející bazí *trochanter minor* a poslední, nejméně zastoupenou skupinou byla kominutivní drť trochanterického masivu bez možnosti přesné identifikace jednotlivých lomných linií (tab. 1).

<i>Skupina lomných linií</i>	Počet výskytů	Výskyt [%]
a	78	78,8
b	26	26,3
c	21	21,2
d	20	20,2
e	2	2,0

Tabulka 1. Zastoupení lomných linií

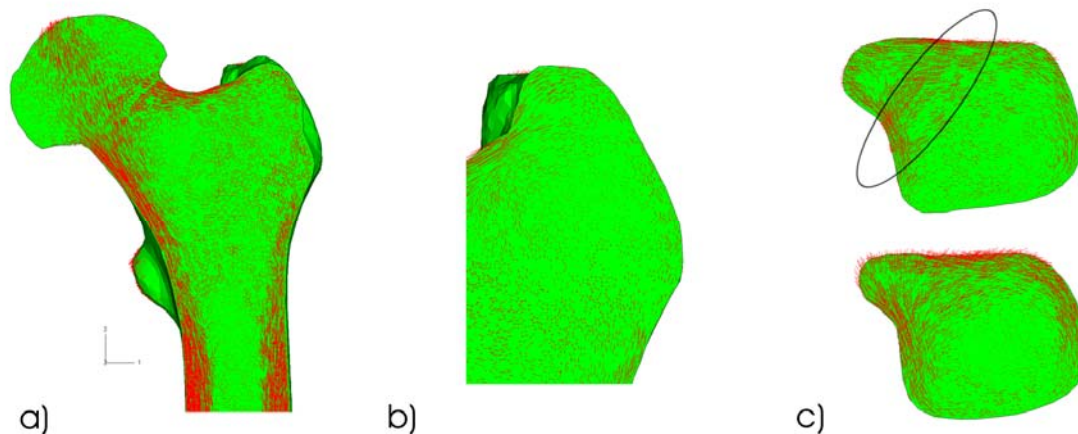
Z kvantitativních výsledků bylo vytvořeno sumární schéma jednotlivých lomných linií (obr. 5).



Obrázek 5. Sumární zobrazení jednotlivých skupin podle lomných linií

5.5. Biomechanický MKP model proximálního konce femuru s použitím orientace osteonů

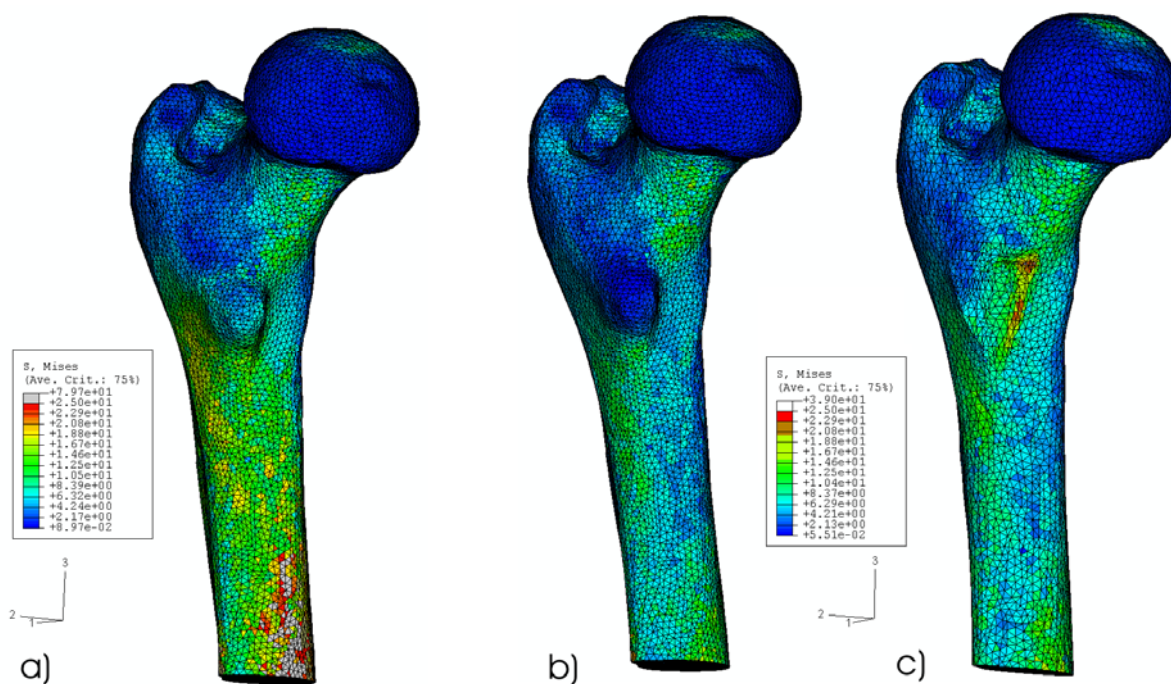
Z výsledků provedených analýz je patrná shoda orientace hlavních napětí s orientací osteonů v kostní tkáni kortikális (obr. 6a). Dále je evidentní že ačkoliv byl *trochanter major* zatížen, není průběh hlavních napětí v této oblasti nijak orientován (obr. 6b). Naopak velmi výrazná je shoda orientace hlavních napětí s orientací osteonů na *trochanter minor*. Dále je zde patrná orientace hlavních napětí v oblasti *calcar femoris* (obr. 6c).



Obrázek 6. Rozložení a orientace směrů hlavních napětí
 a) frontální řez femurem, b) detail trochanter major, c) transverzální řez trochanter minor (vyznačen calcar femoris)

Na základě výsledků provedených výpočtových analýz byla prokázána významná role *calacar femoris* na nosnosti proximálního femuru. Tento útvar se podílí na přenosu napětí kostní tkáni jak při zatížení malého chocholíku, tak i bez jeho namáhání. Průběh hlavních napětí v této oblasti je velmi výrazný a orientovaný ve směru namáhání.

Maximální hodnota napětí na plně zatíženém kompletním modelu femuru (Analýza I) byla 79 MPa a nachází se v místě uložení femuru. Pro posouzení vlivu *calcar femoris* na nosnost a stabilitu proximálního femuru byly provedeny Analýza I a II. Při jejich porovnání je zřejmé, že v obou případech dosahovalo maximální napětí téměř totožné hodnoty 39MPa (39 a 37,8 MPa). Také rozložení napětí a velikost deformací jsou téměř shodné (obr. 7a, b). Při simulaci odtržení *trochanter minor*, ale bez porušení *calcar femoris* je zachována stabilita a únosnost femuru (obr. 7c).



Obrázek 7. Rozložení redukovaného napětí a - Analýza I, b - Analýza II, c - Analýza III.

6. DISKUZE

Cíly této disertační práce bylo:

- shrnout a zhodnotit dosavadní výsledky morfologického studia anatomických struktur v oblasti proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na oblast trochanterického masivu
- shrnout a zpřehlednit dosavadní přístupy v hodnocení zlomenin proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na lomné linie procházející trochanterickým masivem
- shrnout a zpřehlednit dosavadní přístupy a používané postupy v léčbě zlomenin, jejichž lomné linie procházejí trochanterickým masivem femuru
- shrnout a zhodnotit dosavadní výsledky studia struktury kortikální kosti proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na haversky přestavěnou kost a tím na průběh systémů osteonů v úrovni trochanterického masivu
- získat vlastní výsledky v oblasti makroskopické morfologie svalově-vazivového aparátu, studia lomných linií na RTG snímcích a struktury kortikální kosti proximálního konce femuru s důrazem kladeným na oblast trochanterického masivu
- vytvořit vlastní matematický model proximálního konce femuru na bázi metody konečných prvků a zadáním vlastních výsledků, zejména orientací osteonů, vytvořit vlastní biomechanický model
- získané výsledky z morfologických a biomechanických studií kriticky porovnat s dosud publikovanými údaji a případně je doporučit k užití v další klinické i teoretické praxi

6.1. Diskuze k literárním zdrojům a makroskopickým nálezům

Při makroskopické preparaci úponů vybraných svalů jsme se v některých případech shodli s literaturou, ale našli i několik problematických míst. V oblasti *linea intertrochanterica* se shodneme s literaturou [76, 133] v úponech kloubního pouzdra, *ligamentum iliofemorale* i začátku *musculi vasti medialis, lateralis a intermedius* [6, 34, 47]. V oblasti *crista intertrochanterica* je inserce *musculus quadratus femoris* popisována jako masitý úpon podél *crista intertrochanterica* [46, 133]. Na našich preparátech můžeme úpon rozdělit do dvou porcí – proximální okrouhlou a distální podélnou. Úpon nedosahuje ke hrotu *trochanteru major* proximálně, ani k bazi *trochanter minor* distálně [46]. V oblasti *fossa trochanterica* popisují někteří autoři úpon *musculus gemellus superior* a *musculus gemellus inferior* společně s *musculus obturatorius internus* přímo do *fossa trochanterica* [28, 46, 51, 131]. My se ztotožňujeme s názorem, že do *fossa trochanterica* se upíná pouze *musculus obturatorius externus* a zmíněné svaly se upínají na ventromediální část dorsální strany *trochanter major* [63, 94, 120, 133]. Úpon *musculus piriformis* bývá umístován na hrot *trochanteru major* [42, 46]. My jsme toto uspořádání našli pouze v jednom případě v podobě rozdvojené šlachy, jejíž jedno rameno dosahovalo až k apexu. Na ostatních preparátech se *musculus piriformis* upíná proximálně od místa úponu svalů předešlých, nebo s ní splývá [48, 103]. V oblasti *trochanter major* se v místě úponů všech tří *musculi glutei* shodujeme s literaturou [35, 46, 76, 133]. V oblasti *trochanter minor* můžeme úpon *musculus iliopsoas* rozdělit do dvou porcí a to na okrouhlou, upínající se na hrot *trochanter minor* a podélnou, zasahující distálně od baze *trochanter minor*. Právě variabilita kaudálně vybíhající šlachy *musculus iliacus* může mít vliv na délku distální části fragmentu při vylomení *trochanter minor* u pertrochanterické zlomeniny.

Na našich preparátech jsme dále vypitvali místa nekrytá žádnou vazivovou ani svalovou strukturou. Tato místa jsme nenalezli popsána v literatuře, je možné je bez podrobnějšího popisu identifikovat na kresbách svalových úponů [44]. Velikost těchto míst závisí na variabilitě velikosti úponů svalů a vazivového aparátu a podle našeho názoru mohou mít vliv na biomechaniku daného místa a tím i průběh lomných linií u zlomenin [47]. Možnými vysvětleními průběhu lomné linie u typické pertrochanterické zlomeniny se nám jeví následující morfologické nálezy:

1. Na ventrální straně absencí zpevňujících struktur na povrchu kosti podél *linea intertrochanterica* – podél *linea intertrochanterica* se proximálně upíná kloubní pouzdro, ale distálně na něj nenavazuje žádná další struktura, proto zde linie probíhá lineárně distálně od jeho úponu.
2. Na straně dorsální jsou zpevňujícími strukturami v této oblasti úpon kloubního pouzdra a úpon *musculus quadratus femoris*. Variabilita míst a plochy obou úponů vytváří prostor pro nekonstantní průběh lomné linie.
3. Z laterální strany struktura kosti společně s uspořádáním svalových začátků a úponů v oblasti přechodu mezi *trochanter major* a diafýzou femuru – v anglosaské literatuře *tuberculum innominatum*, kde nacházíme začátek *musculus vastus lateralis*, umožňuje odlomení *trochanter major* těsně nad jeho bází. Proximálně, od začátku *musculus vastus lateralis* až po úpony obou *musculi glutei medius et minimus*, je laterální stěna *trochanter major* opět kryta pouze periostem, což podporuje předchozí hypotézu.
4. Ventromediálně jsme našli nekryté místo ve tvaru V, které je vytvořeno mezi úponem *musculus iliopsoas (musculus iliacus)* a začátkem *musculus vastus medialis*. Podobné místo je vytvořeno také mezi úpony *musculus iliacus a musculus pectineus*. Zde dochází k překročení lomné linie z dorzální na ventrální stranu femuru. Vylomení *trochanter minor* podmiňuje jednak jeho ztenčená kortikalis, jednak nezpevněná dorsální stěna.

Můžeme konstatovat, že jsme našli možný korelát mezi úpony svalů a vazivového aparátu na proximální femur a průběhem lomných linií u typických pertrochanterických zlomenin. Domníváme se, že kost krytá pouze periostem, bez zpevňujících prvků začátku či úponu svalu nebo ligamenta, tvoří locus minoris resistentiae pro vznik zlomenin. Variabilitu velikosti a tvaru fragmentů vysvětlujeme variabilitou místa a velikosti plochy úponů měkkých tkání v inkriminovaných místech na proximálním konci femuru.

Nejvyšší sumární četnost otvorů větších než 1mm je v oblastech crista intertrochanterica a fossa intertrochanterica. Nejvyšší sumární četnost otvorů menších než 1mm je v laterálních částech velkého trochanteru, v mediokraniální a laterokraniální oblasti malého trochanteru.. Celkově signifikantně převládají otvory menší než jeden milimetr ve všech sledovaných oblastech proximálního konce femuru.

Otvory perforující kompaktní trochanterů obsahují za čerstva především větve arterií a žil drénujících spongiózu trochanterického masivu [15, 26, 62, 133]. Ve statistické části bylo zdokumentován fakt, že distribuce cévních otvorů v trochanterickém masivu nemá z pohledu statistického normálního rozložení. Otázkou zůstává, zda bychom při větším množství použitých vzorků se k hranici normálnosti dostali. Nahromadění cévních otvorů je v místech, kde kost není kryta žádnou další svalovou či vazivovou strukturou mimo periost a bezpečně se tedy nejedná o větve zásobující měkké struktury [2]. Množství, velikost a distribuce otvorů prostupujících kompaktní v oblasti mediálního nosného pilíře a *trochanter minor* mohou mít vliv na mechanickou pevnost daného regionu nejen při fyziologickém zatížení, ale zejména při přetížení u různých mechanismů úrazu. V práci byla zhodnocena distribuce, množství a velikost cévních otvorů v kompaktní kosti trochanterického masivu lidského femuru. Ve vztahu k nejčastějšímu průběhu lomných linií pertrochanterických zlomenin bylo konstatováno, že tyto odpovídají místům s největší kumulací perforací. Klasickým příkladem je odlomení fragmentu v rovině proložené mezi *crista intertrochanterica*, *linea intertrochanterica* a pokračující skrze *fossa trochanterica* k proximální bazi krčku femuru. Zda se skutečně jedná o locus minoris resistentiae nosnosti kosti musí ověřit biomechanická studie, která bude předmětem studia doktoranda na pracovišti ČVUT v Praze.

Znalost způsobu a velikosti namáhání dlouhých kostí má mimořádnou důležitost v ortopedii, traumatologii a protetice. Existuje však pouze jediná exaktní metoda ke studiu zatěžování kostí *in vivo*, a to zjišťování deformací na povrchu kostí pomocí tenzometrů. U člověka lze této metody

bohužel užít pouze výjimečně [1, 84]. Dalšími méně přesnými metodami jsou: analýzy výpočtem při znalosti tvaru kosti a sil působících svalů, metody založené na zatěžování izolované kosti - stress coat, metoda praskajících laků nebo fotoelasticimetrie [24, 106]. Na základě těchto metod byla publikována zobrazení průběhu osteonů, ale nyní již jako tlaková a tahová pole promítnutá na povrch kosti Koch 1917 [74], Marique 1945 [88], Blaimont 1968 [13], Heřt, Fiala a Petrtýl 1993 [56].

Průběhem a uspořádáním osteonů se zabývala celá řada autorů např. Benninghof 1925 [11], Sinělnikov 1937 [118], Cohen a Harris 1958 [20], Heřt, Fiala a Petrtýl [57]. Výsledky jejich prací se liší v závislosti na užitých zobrazovacích metodách, např. lomné linie u Benninghova, rekonstrukce osteonů u Cohena s Harrisem.

My jsme přejali metodiku zobrazování osteonů pomocí povrchových výbrusů, kterou popsali Fiala s Heřtem a Petrtýlem (1993) [56]. Naše morfologické poznatky z oblasti proximálního konce femuru nelze srovnávat s údaji v literatuře, protože nikdo z autorů se nezabýval strukturou kosti v oblasti trochanterického masivu, omezili se na zkoumání diafýz dlouhých kostí a kostí plochých.

Naše představa o struktuře kosti trochanterického masivu byla taková, že v oblastech, kde kortikální kost je pouze povrchovou slupkou bez nutnosti odolávat velkým tlakům a tahům nalezneme kost lamelární, a naopak v oblastech s nosnou funkcí nalezneme kost haversky přestavěnou [32, 95].

Systémy cévních kanálů a tím i osteonů na *collum femoris* probíhající rovnoběžně s osou krčku odpovídají nejspíše zatěžování této oblasti a to přenosem síly – hmotnosti těla z mediálně umístěné hlavičky femuru směrem do trochanterického masivu a následně na celý femur [43, 87, 105]. V oblasti *linea intertrochanterica* vytvářejí osteony systémy plynule obloukovitě přecházející z *caput* a *collum femoris* na diafýzu, podobně jako jinde na *collum femoris*. Vysvětlením se jeví reakce osteonů v kortikální kosti na směr dominantního zatěžování. V kortikalis lemující ventromediální bazi *trochanter minor* není průběh osteonů výrazněji odchýlen od osy vedené krčkem femuru a diafýzou, navzdory úponu dominantního flexoru kyčelního kloubu (*musculus iliopsoas*) na tento hrbol. Vysvětlením je nejspíše intramedulární nahuštění spongiosní trámčiny až k vytvoření kostní ploténky přemostující místně ztenčenou kortikalis mediálního nosného pilíře. Tato ploténka je známa pod názvem *calcar femoris*, probíhá uvnitř dřevné dutiny dorsolaterálním směrem [3, 18, 49, 50, 53, 87], a s největší pravděpodobností na sebe přebírá účinek tlakové síly přicházející z krčku a vyřazuje oblast *trochanter minor* z nosné funkce.

Proto v kortikalis dorsolaterální oblasti *trochanter minor* vytvářejí osteony systém vějířovitě se rozbíhající od jeho vrcholu.

Kompakta zbývajících částí trochanterického masivu a *trochanter major* je tvořena pouze velmi tenkou lamelárně uspořádanou kostí, bez makroskopické přítomnosti sekundárně haversky přestavěných systémů osteonů.

Na podélných a transverzálních řezech jsme dokázali, že došlo ke zbroušení povrchové periostální kosti, jež je vidět na snímcích povrchově neupraveného řezu - distální nebroušené části použitého femuru – a tedy můžeme vyloučit zobrazení artefaktů, které by snížily výpovědní hodnotu zobrazených struktur. Metodika se tedy osvědčila i zde [56].

Osteony lze identifikovat v kompaktní kosti na krčku femuru, *linea intertrochanterica* i *crista intertrochanterica* i *trochanter minor*, ale všude tam, kde najdeme lamelární kost, osteony nejsou přítomny, tj. v oblasti *trochanter major* mimo *linea intertrochanterica* a *crista intertrochanterica*. V naší práci jde především o zpřesnění dosavadních anatomických znalostí tohoto regionu a o rozšíření množiny objektivních morfologických dat pro budoucí biomechanické analýzy proximálního femuru. Můžeme konstatovat, že metodika postupného broušení kosti a zobrazování centrálních cévních kanálů se osvědčila i v regionu trochanterického masivu a je tedy použitelná i mimo diafýzy dlouhých kostí. Velmi výraznou měrou tak přispěla k detailnímu popisu morfologicky velmi heterogenního a klinicky významného úseku lidského femuru [83, 93, 121].

6.3. Diskuze k literárním zdrojům a lomným liniím

Cílem této části práce nebylo hodnotit dosavadní snahy o jednotnou klasifikaci zlomenin trochanterického masivu či právě takovou všeobecně uznávanou klasifikaci vytvořit [8]. Cílem bylo zorientovat se v průběhu lomných linií skrze trochanterický masiv lidského femuru, zjistit četnost na svém souboru a z výsledků svých nálezů vycházet při anatomickém studiu muskulárně-ligamentózního aparátu oblasti proximálního konce lidského femuru.

Nejčastější lomnou linií v našem souboru byla linie probíhající paralelně s *linea a crista intertrochanterica* a tedy vytvářející v základě dva úlomky. Tato nejméně komplikovaná stabilní pertrochanterická zlomenina může být poté doplněna podle síly násilí a kvality kosti o další lomné linie probíhající malým trochanterem a velikostí připojeného fragmentu z mediálního nosného pilíře (Adamsova oblouku) určující stabilitu nebo nestabilitu zlomeniny [29, 31, 45, 65, 98, 108].

Ze závěrů vyplynula nutnost detailního rozpracování jednak makroskopických anatomických struktur, ale také stavbě kortikální kosti této oblasti, čemuž jsou věnovány jiné kapitoly této práce. Z hlediska biomechanického vyvstala otázka nikoliv kde se kost láme – k tomu již své řekla literatura, ale kde prasklina začíná a kudy se šíří. Tato otázka již ale překročila vymezené cíle této práce a bude jí věnována pozornost v dalším studiu doktoranda na ČVÚT za použití metodik šíření trhlin.

6.4. Diskuze k biomechanickým nálezům

Působení vnějšího zatížení na kost vyvolá vznik vnitřního napětí ve struktuře kostí tkáně. Struktura kostní tkáně je svou stavbou optimálně přizpůsobena přenosu tohoto napětí. Je popsána přímá souvislost mezi orientací osteonů a působením hlavních složek napětí vzniklých působením vnějších silových účinků. Osteony jsou vždy orientovány ve směru vektoru napětí, které přenáší kostní tkáň tj. v místě kde je kost namáhána je vysoká hustota kostní tkáně, která je navíc výrazně orientována.

Maximální hodnota napětí na plně zatíženém kompletním modelu femuru (Analýza I) byla 79 MPa a nachází se v místě uložení femuru. Pro posouzení vlivu *calcar femoris* na nosnost a stabilitu proximálního femuru byly provedeny Analýza I a II. Při jejich porovnání je zřejmé, že v obou případech dosahovalo maximální napětí téměř totožné hodnoty 39MPa (39 a 37,8 MPa). Také rozložení napětí a velikost deformací jsou téměř shodné. Při simulaci odtržení *trochanter minor*, ale bez porušení *calcar femoris* je zachována stabilita a únosnost femuru.

Na základě výsledků všech provedených analýz lze potvrdit hypotézu, že orientace osteonů v kostní tkáni je ve shodě s orientací hlavních napětí, která vznikají při zatížení femuru. Je evidentní, že kostní tkáň je svou strukturou a orientací velice efektivně přizpůsobena přenosu vnějších zatížení, tak aby její únosnost byla maximální. V exponovaných částech femuru s velkou koncentrací napětí je orientace velmi výrazná (kortikális, *trochanter minor*) naopak u částí s malou koncentrací napětí (*trochanter major*) není žádná orientace tkáně .

Dále pak byl prokázán významný vliv *calcar femoris* na nosnost a stabilitu proximálního femuru jako celku. Tato stabilita je zachována i při odtržení *trochanter minor*. Naopak při poškození *calcar femoris* je tato stabilita výrazně narušena.

7. ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Úkoly vytyčené cíle práce byly splněny ve všech úrovních.

- Byly shromážděny, shrnuty a zhodnoceny všechny dostupné informace z oblasti studia anatomických struktur v oblasti proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na oblast trochanterického masivu.

- Byly shromážděny a shrnuty dosavadní přístupy v hodnocení zlomenin proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na lomné linie procházející trochanterickým masivem.
- Byly shromážděny a přehledně shrnuty dosavadní přístupy a používané postupy v léčbě zlomenin, jejichž lomné linie procházejí trochanterickým masivem femuru.
- Byly shromážděny, shrnuty a zhodnoceny dosavadní výsledky studia struktury kortikální kosti proximálního konce lidského femuru s důrazem kladeným na průběh systémů osteonů v úrovni trochanterického masivu.
- Byly získány vlastní výsledky v oblasti makroskopické morfologie svalově-vazivového aparátu včetně variability a přítomnosti nekrytých míst kosti.
- Byla vytvořena vlastní schémata lomných linií z RTG snímků a jejich frekvence výskytu na sumárním diagramu.
- Byly shromážděny a vyhodnoceny výsledky týkající se zastoupení a distribuce cévních otvorů v jednotlivých oblastech trochanterického masivu.
- Byl vytvořen a analyzován vlastní matematický model proximálního konce femuru na bázi metody konečných prvků a zadáním vlastních výsledků, zejména orientací osteonů, byl vytvořen vlastní biomechanický model. Zkoumala se také distribuce povrchových napětí při různých zátěžích.
- Získané výsledky z morfologických a biomechanických studií byly kriticky porovnány s dosud publikovanými údaji a následně poskytnut vlastní pohled na interpretaci výsledků.

Vzhledem k tomu, že tato práce si nekladla vytvořit novou obecně přijatelnou klasifikaci zlomenin trochanterického masivu či navrhnout nové účinné metodiky jejich stabilizace, ale zdokumentovat a analyzovat na kosti morfologické uspořádání jednotlivých struktur s ohledem na průběh typických lomných linií a vzniku charakteristických úlomků pertrochanterické zlomeniny, je možné konstatovat, že poskytla dostatek materiálu ke zlepšení morfologických znalostí o tomto regionu dala odpověď na základní otázku, zda existuje korelát mezi uspořádání anatomických struktur a průběhem typických lomných linií trochanterickým masivem.

V lidském těle i přes jeho značnou dokonalost existují v oblasti proximálního konce femuru místa s takovým uspořádáním, jež ve svém součtu může vytvořit *locus minoris resistentiae* pro vznik zlomenin s lomnou linií probíhající trochanterickým masivem.

8. LITERATURA K ÚVODNÍ ČÁSTI

(číslování odpovídá dizertační práci)

- ADAMS, R. Hip-Joint, Abnormal conditions. In: TODD, R.B. (ed.) *The Cyclopaedia of Anatomy and Physiology of Man : Vol. II.* London : Longman, 1836-1839, s. 780-825.
- BARTONÍČEK, J.; DOUŠA, P.; SKÁLA-ROSENBAUM, J. et al. Trochanterické zlomeniny : Souborný referát. *Úrazová chirurgie.* 2001, vol. 10 (4), s. 13-24.
- BARTONÍČEK, J. Internal architecture of the proximal femur – Adam's or Adams' arch? Historical mystery. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 2002, vol. 122, s. 551-553.
- BARTONÍČEK, J.; VLČEK E. Femoral neck fracture: The cause of death of Emperor Charles IV. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 2001, vol. 121, s. 353-354.
- BÖHLER, L. *Medullary Nailing of Küntscher.* Baltimore : Williams and Wilkins, 1948.
- BOYD, H.B.; GRIFFIN, L.L. Classification and treatment of trochanteric fractures. *Arch. Surg.* 1949, vol. 58, s. 853-866.

17. BUCK, A.H. *The Growth of Medicine*. New Haven : Conn. Yale University Press, 1917. 169 s.
21. COLE, F.J. The History of Anatomical Injection. In: SINGER, C. (ed.) *Studies in the History and Method of Science, vol. II*. Oxford : Clarendon Press, 1921, s. 285-343.
29. DEBRUNNER, A.M.; ČECH, O. Biomechanics of the osteosynthesis of pertrochanteric fractures. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1969, vol. 106 (3), s. 516-527.
30. DIMON, J.F. The unstable intertrochanteric fracture. *Clin Orthop Relat Res*. 1973, vol. 92, s. 100-107.
33. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary (under names) : 24th edition*. Philadelphia : WB Saunders Company, 1965.
38. ENDER. J. Probleme beim frischen per-und subtrochanteren Oberschenkelbrüch. *Hefte Unfallheilk*. 1970, vol. 106, s. 2-11.
39. EVANS, E. M. The treatment of trochanteric fractures of the femur. *J Bone Joint Surg*. 1949, vol. 31-B, s. 190-203.
41. FCAT. *Terminologia anatomica*. Stuttgart : Thieme Verlag, 1998. ISBN: 3-13-114361-4.
52. HAFNER, R.H.V. Trochanteric fractures of the femur : a review of eighty cases with a description of the "low-nail" method of internal fixation. *J Bone Joint Surg*. 1951, vol. 33-B, s. 513-516.
54. HENDERSON, M.S. Ununited fracture of the neck of the femur treated by the aid of the bone graft. *J Bone Joint Surg*. 1940, vol. 22-A, s. 97-106.
55. HERRLIN, K.; STROMBERG, T.; LINGREN, L. et al. Trochanteric fractures: classification and mechanical stability in McLaughlin, Ender and Richard osteosynthesis. *Acta Radiol*, 1988, vol. 29, s. 189-196.
58. HOFFMANN, R.; HAAS, N.P. Femur : proximal. In: RÜEDI, T.P.; MURPHY, W.M. *AO principles of fracture management*. Stuttgart : Thieme , 2000, s. 445-459.
64. JANOVSÝ, V.; ZÁHOŘ, J.; WEISS, V.; JANDOUŠ, J. *Názvosloví lékařské a lékárnické*. Praha: nákladem Spolku českých lékařů, 1881.
65. JENSEN, J.S.; MICHAELSEN, M. Trochanteric femoral fractures treated with McLaughlin osteosynthesis. *Acta Ortop Scand*. 1975, vol. 46, s. 795-803.
66. JERUSALEM, M. Zur operativen Behandlung der Schenkelhalsbrüche. *Chirurg*. 1932, vol. 4, s. 773.
67. JESSENIUS, J. *De Ossibus Tractatus. Traktát o kostiach*. Martin : Vydavateľstvo Osveta, 1981.
69. JEWET, E.L. One-Piece Angle Nail for Trochanteric Fractures. *J Bone Joint Surg*. 1941, vol. 23-A, s. 803-810.
71. JOHANNSON, S. *Operative Behandlung von Schenkelhalsbrüchen*. Leipzig : Thieme, 1934.
72. JUNAS, J. *Průkopníci medicíny*. Praha : Avicenum, 1977.
75. KOMENSKÝ, J.A. *Janua linguarum reserata aurea, sive seminarium linguarum et scientiarum omnium...Zlaté dvěře jazykův otevřené, aneb plániště všech řečí a umění... od J. A. K(omenského) předně v latinské řeči složený a od téhož na českou, od jiných pak na německou, vlaskou, francouzskou, polskou a englickou řeč přeložený. Nyní v latinsko-*

- německém jazyku po jednácté, v českém podruhé na světlo vydány. Aufgeschlossene güldene Sprachen-Thür..., Pragae, typis archiepiscopalibus..., 1669.*
77. KROTSCHKEK, H. Möglichkeiten der Osteosynthese bei hüftnahen Brüchen des Oberschenkels. *Arch orthop Unfall-chir.* 1965, vol. 57, s. 89.
 79. KÜNTSCHER, G. Die Marknagelung von Knochenbrüchen. *Langenbecks Arch Klin Chir.* 1940, vol. 200, s. 443-455.
 80. KÜNTSCHER, G. Intramedullary surgical technique and its place in orthopaedic surgery. My present concept. *J Bone Joint Surg.* 1965, vol. 47-A, s. 809-818.
 81. KÜNTSCHER, G. Die Markenagelung des Trümmerbruches. *Langenbecks Arch Klin Chir.* 1968, vol. 322, s. 1063-1069.
 82. KYLE, R.F.; GUSTILO, R.B.; PREMER, R.F. Analysis of six hundred and twenty-two intertrochanteric hip fractures, *J Bone Joint Surg.* 1979, vol. 61-A, s. 216-221.
 85. LEZIUS, A. Intramedullary nailing of intertrochanteric and subtrochanteric fractures with curved nail. *J Int Coll Surg.* 1950, vol. 13 (5), s. 569-572.
 86. LINC, R.; FLEISCHMANN, J. *Anatomické názvosloví : 2 sv.* 1. vyd. Praha : SPN, 1959-1960.
 89. MASSIE, W.K.: Fractures of the hip. *J Bone Joint Surg.* 1964, vol. 46-A, s. 658-690.
 90. MCLAUGHLIN, H.L. An Adjustable Internal Fixation Element for the Hip. *Am. J Surg.* 1947, vol. 73, s. 150.
 91. MCRAE, R.: *Practical fracture treatment.* Edinburgh : Churchill Livingstone, 1994.
 92. MENČÍK, F. (ed.) Prešpurský slovník / Vocabularium latinobohemicum posoniense. In: *Rozmanitosti, Příspěvky k dějinám starší české literatury, díl II.* Praha, 1892.
 96. MÜLLER, M. et al. *Chirurgie pro studium a praxi,* Praha : Goldstein&Goldstein, 1997.
 97. MÜLLER, M.E.; ALLGÖVER, M.; WILLENEGGER, H. *Die Technik der operativen Frakturenbehandlung.* Berlin : Springer, 1963.
 98. MÜLLER, M.E.; ALLGÖWER, M.; WILLENEGGER, H. *Manual of internal fixation.* Berlin : Springer, 1970.
 104. PARKER, M.J.; PRYOR, G.A. *Hip Fracture Management.* Oxford : Blackwell Scientific, 1993.
 110. PORTER, R. *The greatest benefit to mankind : a medical history of humanity from antiquity to the present.* London : HarperCollins Publishers, 1997.
 111. POVACZ, F. Treatment results of pertrochanteric femoral fractures using Kuentscher's trochanter nail. *Monatsschr Unfallheilkd Versicher Versorg Verkehrsmed.* 1973, vol. 76 (8), s. 368-75.
 112. RAMBA, J. *Slavné české lebký.* Praha : Galén, 2007.
 113. REGAZZONI, P.; RÜEDI, T.; WINQUIST, R. et al. *The dynamic hip screw implants system.* Berlin : Springer; 1984, s 1-50.
 116. SIMMERMACHER, R.K.J.; BOSCH, A.M.; VAN DER WERKEN, C.: The AO/ASIF-proximal femoral nail (PFN): a new device for the treatment of unstable proximal femoral fractures. *Injury.* 1999, vol. 30, s. 327-332.
 117. SIMON-WEIDNER, R. Multiple Nagelung. *Hefte-Unfallheilkd.* 1968, vol. 97, s. 84-86.

122. *Stedman's Medical Dictionary*. Baltimore : Williams and Wilkins Company, 1953.
125. THORTON, L. The treatment of trochanteric fractures of the femur : two new methods. *Piedmont Hosp. Bull.* 1937, vol. 10, s. 21-35.
127. TYPOVSKÝ, K. *Traumatologie pohybového ústrojí*. Praha : Avicenum, 1972.
128. VLČEK, E. *The likeness and physical characteristics of Emperor Charles IV*. Folia Morphol Prague. 1979, vol. 27, s. 99-117.
129. WADE, P.A.; CAMPBELL, R.D.; KERIN, R.J. Management of intertrochanteric fractures of the femur. *Am. J Surg.* 1959, vol. 97, s. 634-643.
130. WALMSLEY, T. A note of the retinacula of Weitbrecht. *J Anat.* 1917, vol. 51, s. 61-64.
132. WEITBRECHT, I: *Syndesmologia sive historia ligamentorum corporis humani*. Petropoli : Academia scientiarum, 1742.
134. ZAHRADNÍK, I.T. (ed.), HOLUBIN J. (předpokládaný autor): *Slovník latinsko-německo-český pro Ladislava Pohrobka, krále českého (dle rukopisu palatinského č. 1787 knihovny vatikánské)*, *Archiv pro lexikografii a dialektologii, číslo V*. Vydává III. třída České akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění. Praha, nákladem České akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění, 1904.
135. ZRZAVÝ, J. *Latinsko-české anatomické názvosloví*. Olomouc: Univerzita Palackého, 1985.

9. SUMMARY

MORPHOLOGY OF THE PROXIMAL HUMAN FEMUR IN RELATION TO FRACTURES OF TROCHANTERIC MASSIF

AIM: Fractures of proximal end, especially fractures of trochanteric massif are very common particularly in old patients. The aim of the work was to try to find a morphological correlate of trochanteric fractures in the region of proximal end of the human femur. It means to find if a „locus minoris resistentiae“ for trochanteric fractures origin exists.

METHOD: The detailed overview of literature on femur as a bone, classification of trochanteric fractures and treatment of proximal end of the femur was accomplished (sources from medieval books to recent anatomical and clinical studies). Czech and Latin terminological aspect (Terminologia anatomica 1998) of the femur as well as their development were carefully studied. 40 femurs from embalmed bodies with muscles and ligaments were studied by detailed dissection. 99 X-ray pictures of pertrochanteric fractures were checked. 106 dry femurs from the vascular canal distribution point of view were evaluated and compared with previous group of X-rays. Statistic evaluation of normal distribution according to Kolmogorov-Smirnov's test and Liliefors's modification was made in 15 regions of trochanteric massif. 20 dry femurs according to Heřt, Fiala and Petrtýl's method were repeatedly ground to depict the central vascular canals and to describe the course of osteons in proximal end of the femur. 10 samples of previous group were cut and ground in transversal plane to show that the superficial lamellar bone was removed. Final element method model of the femur was created on base of CT scans. The distribution of superficial strains was evaluated.

RESULTS: The detailed description of muscle-ligamentous apparatus origins and insertions including variability of the musculus quadratus femoris muscle insertion were made. Furthermore, uncovered locations on ventral, medial, lateral and dorsal surfaces of the proximal end of the femur, depended on variability of muscle-ligamentous apparatus variations, were described. The description and detailed statistic evaluation of vascular canal foramina perforating cortical bone of proximal femur were made. The correspondence between the central vascular canals distribution and courses of typical pertrochanteric fracture line were made up. The detailed documentation of the course of osteons in the proximal femur cortical bone was made. The special organization of osteon systems in medial, lateral, ventral and dorsal aspects was described and evaluated. It was stated that typical fracture lines of pertrochanteric fractures run through regions with special organization of osteon systems in cortical bone – e.g. through the region of lesser trochanter. The distribution of surface strains on proximal end of the femur was evaluated on the final element method model. It was stated that the direction of osteons has an influence to the strain distribution. Finally it was proved that the lesser trochanter is eliminated from the supporting function by calcar femoris and has no influence to the stability of the fracture.

CONCLUSION: Since the work has no aim in creating of new generally useful classification of trochanteric massif fractures or in new fracture stabilization suggestion, it aimed to describe and to analyze morphological organization structures in the region of proximal end of the femur in relation to the typical pertrochanteric fracture line course. We can state that this work gives a lot of detail material for improvement of morphological knowledge of this region. It sufficiently answered the basic question that a morphological correlate between morphological organization of anatomical structures and typical pertrochanteric fracture lines course exists.

10. PUBLIKACE DOKTORANDA

Kapitoly v monografii

1. Stingl J, **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Srp A: Anatomie pleury. In: Fiala P. et al.: Nemoci pleury, Grada, přijato do tisku
2. **Báča V**, Džupa V, Grill R: Inovace výuky klinické anatomie v problémově orientovaném kurikulu 3. LF UK v Praze - založení Centra pro integrované studium pánve (CISP), in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 445-449
ISBN 80-223-2029-3
3. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Stingl J, Sedláček P, Svatoš F: Inovace výuky topografické a klinické anatomie v Edukačním centru pro anatomii a endoskopii Anatomického ústavu 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 441-444
4. **Báča V**, Kachlík D: Muskulo-ligamentózní aparát proximálního femuru v kontextu pertrochanterických zlomenin – anatomická studie, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 108-114
ISBN 80-223-2029-3
5. **Báča V**, Kachlík D: Průběh osteonů v kompaktní kosti proximálního konce lidského femuru, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 115-120
ISBN 80-223-2029-3
6. **Báča V**, Hollá S, Kachlík D: Distribuce cévních otvorů v oblasti proximálního femuru ve vztahu k nejčastějším lomným liniím prtrochanterických zlomenin – klinicko-anatomická studie, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 103-107
ISBN 80-223-2029-3
7. Kachlík D, **Báča V**: Variace tepenného zásobení tlustého střeva - mikrocirkulační studie, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 183-188
ISBN 80-223-2029-3
8. Kachlík D, Čech P, **Báča V**: Inovace, aktualizace a elektronizace českého anatomické názvosloví, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 463-466
ISBN 80-223-2029-3
9. Grill R, Zátūra F, Tonar Z, **Báča V**, Kachlík D, Janáček J, Nedorost L: Morfologické aspekty experimentálního traumatu ledvin nižších stupňů - makroskopické hodnocení cévních změn a histologické hodnocení posttraumatických změn kůry a dřeně, in Polák Š, Pospíšilová V, Varga I: Morfológia v súčasnosti, 2007, Bratislava, 161-165
ISBN 80-223-2029-3

Publikace v časopisech s IF

1. Stingl J, **Báča V**, Čech P, Kovanda J, Kovandová H, Mandys V, Rejmontová J, Sosna B: Morphology and some biomechanical properities of human liver and spleen. Surgical and Radiologic Anatomy 24(5), 2002, 285-289, **IF:0,252/02 (citováno 1x)**
ISSN: 0930-1038
2. Stingl J, **Báča V**, Kachlík D, Rejmontová J, Seichertová A, Klepáček I: Early postnatal growth of the initial lymphatics in the ventral stripe of spinotrapezius muscle of the rat. Lymphology 37, 2004, 107-115, **IF = 0,583/03**

- ISSN 0024-7766
3. Kachlík D, **Báča V**, Stingl J, Sosna B, Lametschwandtner A, Minnich B, Setina M. Architectonic arrangement of the vasa vasorum of the human great saphenous vein. *J Vasc Res* 44, 2007, 157-166, **IF = 2,824/05**
ISSN: 1018-1172
 4. **Báča V**, Kachlík D, Horák Z, Stingl J: The course of osteons in the compact bone of the human proximal femur – morphological study with clinical and biomechanical notes. *Surgical and radiologic anatomy* 29 (5), 2007, 201-207, **IF = 0,369/05**
ISSN: 0930-1038
 5. Otčenášek M, Krofta L, **Báča V**, Grill R, Kučera E, Herman H, Vasicka I, Drahoňovský J, Feyereisl J: Bilateral avulsion of the puborectal muscle - MRI based 3-D reconstruction and comparison with a model of healthy nulliparous women. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 29 (6), 2007, 692-696 **IF = 2,430/05**
Online ISSN: 1469-0705 Print ISSN: 0960-7692
 6. **Báča V**, Kachlík D, Svatoš F, Džupa V, Grill R, Otčenášek M, Sedláček P, Doubková A, Stingl J: Endoscopic and mini-invasive approaches – is there room for further progress in the practical training? *Medical Education*, **IF = 2,232/05** (under review)
ISSN 0308-0110
 7. **Báča V**, Horák Z, Mikulenka P: Comparison of isotropic and orthotropic material property assignments on femoral finite element models under two loading conditions. *Medical Engineering & Physics*, **IF = 1,151/05** (under review)
ISSN 1350-4533

Abstrakta v časopisech a sbornících s IF

1. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Stingl J: The educational centre for clinical anatomy and endoscopy of 3rd Medical faculty of Charles University. *Surg. Radiol. Anat.* 27: SI 66, 2005, **IF = 0,369/04**
ISSN: 0930-1038
2. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Stingl J: The osteon directions in compact bone of proximal part of the human femur. *Surg. Radiol. Anat.* 27: SI 35, 2005, **IF = 0,369/04**
ISSN: 0930-1038
3. **Báča V**, Džupa V, Grill R: The center for integrated study of pelvis of 3rd Medical Faculty of Charles University, *Surg. Radiol. Anat.* 27: SI 67, 2005, **IF = 0,369/04**
ISSN: 0930-1038
4. Kachlík D, Čech P, **Báča V**: The digitalization and innovation of official Czech anatomical terminology. *Surg. Radiol. Anat.* 27: SI 45, 2005, **IF = 0,369/04**
ISSN: 0930-1038
5. Kachlík D, Pešl M, **Báča V**, Stingl J: Gross and vascular anatomy of ileocaecal junction – new aspects. *Surg. Radiol. Anat.* 27: SI 45, 2005, **IF = 0,369/04**
ISSN: 0930-1038
6. Džupa V, Grill R, **Báča V**, Bakalář B, Vránková J: Infectious complications of surgical treatment of pelvic ring injuries. *J Bone Joint Surg.*, 88-B (Suppl 1): 81, 2006, **IF = 1,330/05**
ISSN 0021-9355
7. Grill R, Džupa V, **Báča V**: Injuries to the pelvis in andrology. *Urology* 68 (Suppl 5A): 249, 2006, **IF = 2,139/05**
ISSN 0090-4295

8. Urban M, **Báča V**, Grill R, Džupa V, Heráček J: Chronic pelvic pain in a mail patient: joint view of urologist and anatomist. *Urology* 68 (Suppl 5A): 249, 2006, **IF= 2,139/05** ISSN 0090-4295
9. Otčenášek M, Pan M, **Báča V**, Grill R, Kasiková E, Vašíčka I, Krofta L, Džupa V, Feyereisl J: Avulsion of the puborectal muscle - an MRI based 3D reconstruction. *Neurourology and Urodynamics*, 25(6): 626, 2006, **IF= 1.934/05** ISSN 0733-2467
10. **Báča V**, Kubecová M, Horák L, Grill R, Kohout P, Granatová J: Changes in small intestine permeability after radiotherapy of malignant tumor. *Ann Oncol*, 2007 (v tisku) **IF = 4,319/05**
11. **Báča V**, Horák L, Grill R, Kubecová M, Ducháč V, Štukavec J, Vobořil R: Effectiveness of stenting and laser treatment of colorectal carcinoma. *Ann Oncol*, 2007 (v tisku) **IF 4,319/05**
12. **Báča V**, Kachlík D, Stingl J, Pešl M, Rathous I: Angioarchitecture of the large intestinal wall as a correlation norm to various pathological states. *Ann Oncol*, 2007 (v tisku) **IF 4,319/05**
13. **Báča V**, Kachlík D, Otčenášek M, Svatoš F, Džupa V, Grill R, Sedláček P, Doubková A, Stingl J: Creating of educational center for practical endoscopic training on cadavers as the way to improve skills for radical laparoscopic treatment. *Ann Oncol*, 2007 (v tisku), **IF 4,319/05**

Jiné publikace s IF

1. **Báča V**, Horák Z: Comparison of isotropic and orthotropic material property assignments on femoral finite element models under two loading conditions, Letter to the Editor, *Medical Engineering & Physics*, Volume 29, Issue 8, October 2007, Page 935, **IF = 1,151/05** ISSN 1350-4533

Publikace v časopisech bez IF:

1. **Báča V**, Škubal J, Stingl J: Správnost užívání anatomické nomenklatury ve vybraných českých odborných časopisech. *Rozhledy v Chirurgii* 11, 78/1999, Praha, 551- 555 ISSN 0035-9351
2. Stingl J, **Báča V**, Kachlík D, Rejmontová J: Mechanical stiffness and morphology of selected human organs from the standpoint of passive safety – preliminary report, *Sborník lékařský* 102, 2001, Praha, 241-247 ISSN 0036-5327
3. Stingl J, **Báča V**, Kachlík D, Rejmontová J: Mechanical stiffness and morphology of selected human organs from the standpoint of passive safety - preliminary report, *Sborník lékařský* 2, 102/2001, 241-247 ISSN 0036-5327
4. **Báča V**, Kachlík D, Doubková A: The course of osteons in compact bone of proximal end of the human femur, *Sborník lékařský* 2, 102/2001 ISSN 0036-5327
5. Doubková A, **Báča V**, Čech P, Hynčík L, Kachlík D, Kovanda J, Kovandová H, Nováček V, Stingl J, Stupka V: Příspěvek ke kvalitativní analýze poranění jater a sleziny při dopravních nehodách. *Bulletin HPB* 4, 12/2004, 114-118 ISSN 1210-6755

6. Hynčik L, Nováček V, Krakovský I, **Báča V**, Kachlík D: Deformable Model of Male Abdomen, *Engineering Mechanics* 6, 11/2004, 401-416
ISSN 1210-2717
7. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Stingl J, Svatoš F: Edukační centrum pro anatomii a endoskopii, *Endoskopie* 1, 14/2005, 6-8
ISSN 1211-1074
8. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Stingl J, Sedláček P, Svatoš F: Možnosti výuky endoskopií v Edukačním centru pro anatomii a endoskopii Anatomického ústavu 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, *Miniinvasivna chirurgia a endoskopia chirurgia súčasnosti* 1, 10/2006, 20-23
ISSN 1336-6572
9. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D, Stingl J, Svatoš F: Možnosti výuky artroskopií v Edukačním centru pro anatomii a endoskopii (ECAE) při Ústavu anatomie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, *Acta chirurgiae, ortopeadicae et traumatologiae Českoslovaca* 5, 73/2006, 356 – 358
ISSN 0001-5415
10. Otčenášek M, Krofta L, Grill R, **Báča V**, Heřman H, Džupa V, Feyereisl J: Porodní poranění puborektálního svalu – sledování pomocí 3D ultrazvuku *Čes. Gynek.* 71, 4/2006, 318-322
ISSN 1210-7832
11. Chmelová J, Mrázková D, Džupa V, **Báča V**, Grill R, Pleva L: Význam klasického rentgenového snímku při poranění pánve v době moderní CT diagnostiky, *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.* 6, 73/2006, 394-399
ISSN 0001-5415
12. Pavelka T, Džupa V, Ryšavý M, Grill R, **Báča V**, Skála-Rosenbaum J, Chmelová J, Otčenášek M: Poranění pánevního kruhu, *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.* 6, 73/2006, 405-413
ISSN 0001-5415
13. Rovder P, Džupa V, Lisý M, Chmelová J, Grill R, **Báča V**, Fric M: Nestabilné zlomeniny panvy a krvácanie – úvodné opatrenia, *Úraz. Chir.* 3, 14/2006, 74-79
ISSN 1211-7080
14. Kachlík D, **Báča V**: Macroscopic and microscopic intermesenteric anastomosis. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 150(1), 2006, 121-124
ISSN 1213-8118
15. Kachlík D, **Báča V**, Fára P, Lametschwandtner A, Minnich B, Sosna B, Stingl J, Straka Z, Šetina M: Cévní zásobení stěny normální a varikózní vena saphena magna, *Praktická flebologie* 4, 15/2006, 90 – 94
ISSN 1210-3411
16. Pavelka T, Džupa V, Štulík J, Grill R, **Báča V**, Skála-Rosenbaum J: Výsledky operační léčby nestabilního poranění pánevního kruhu, *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 74/1: 19-28, 2007
ISSN 0001-5415
17. Chmelová J, Džupa V, Šprindrich J, **Báča V**, Grill R: Může mít nová CT klasifikace zlomenin acetabula význam pro klinickou praxi? (Can the new CT-based classification of acetabular fractures be useful for clinical practice?) *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 74/3: 210-217, 2007

Abstrakta ve sbornících pouze vztahujících se k tématu:

1. **Báča V**, Kachlík D: Remarks to the clinical anatomy of trochanteric massif of the human femur. *Abstract book EACA 2001*. Montpellier, 2001
2. **Báča V**: Pohled na vývoj klasifikace a léčby petrochanterických zlomenin. *Sborník 2000*. 2001, Pelhřimov, s. 78 – 83
3. **Báča V**: The post-war view of the classification and treatment of petrochanteric fractures. *Sborník lékařský*. 2001, Praha, vol.102, s. 292.
4. **Báča V**, Kachlík D: Upřesnění některých klinicko-anatomických vztahů v oblasti trochanterického masivu lidského femuru. *Nové poznatky v morfológii*. 2001, Martin, s. 10 – 11.
5. **Báča V**, Doubková A, Kachlík D: Klinická anatomie fossa trochanterica a jejího bezprostředního okolí. *Sborník 2001*. 2002, Pelhřimov, s. 66 – 68.
6. **Báča V**, Skála J: Morfologické aspekty vzniku petrochanterických zlomenin, *Sborník XI. Frejkovy dny*. 2002, Brno, s. 33.
7. **Báča V**, Kachlík D, Doubková A: The course of osteons in compact bone of proximal end of the human femur. *Plzeňský lékařský sborník*. 2002, Plzeň, s. 2.
8. **Báča V**, Kachlík D: The course of osteons in compact bone of proximal end of the human femur. *Anatomical Science International*. 2004, Vol. 79, Suppl., s. 225.
ISSN 1447-6959
9. **Báča V**, Kachlík D, Horák Z: The osteon directions in compact bone of proximal part of the human femur and the correlation to biomechanical models of proximal human femur, *Abstract book of 4th Asian-Pacific International Congress of Anatomists*. 2005, Tubitak, Kuşadası, s. 75.
10. **Báča V**, Horák Z, Kachlík D, Doubková A, Stingl J: Existuje morfologický korelát vzniku petrochanterických zlomenin? *Sborník abstrakt Pražské chirurgické dny 2007 (Jiráskovy dny)*. 2007, Praha.