

**MORFOLOGIE
PROXIMÁLNÍHO KONCE FEMURU
VE VZTAHU KE ZLOMENINÁM
TROCHANTERICKÉHO MASIVU**

MUDr. VÁCLAV BÁČA

Disertační práce

Ústav anatomie 3. LF UK

2007

OBSAH

1. Cíle práce.....	3
2. Úvod.....	5
3. Přehled literatury.....	10
3.1. Historie terminologie stehenní kosti.....	10
3.2. Historie studia stehenní kosti.....	13
3.3. Historický přehled klasifikace zlomenin proximálního konce femuru s důrazem na oblast trochanterického masivu femuru.....	34
3.4. Historický přehled léčby zlomenin s lomnou linií v trochanterickém masivu femuru.....	46
4. Metodika.....	58
4.1. Makroskopická pitva svalových úponů v oblasti trochanterického masivu femuru.....	58
4.2. Výbrusy centrálních cévních kanálů v haverské kosti proximálního konce femuru – zobrazení osteonů.....	58
4.3. Dokumentace cévních otvorů v oblasti trochanterického masivu femuru.....	60
4.4. Dokumentace lomných linií trochanterického masivu s použitím RTG snímků.....	63
4.5. Vytvoření biomechanického MKP modelu proximálního konce femuru.....	64
5. Výsledky.....	67
5.1. Detailní makroskopický popis svalově-vazivového aparátu oblasti trochanterického masivu femuru.....	67
5.2. Zobrazení systémů osteonů v kortikální kosti proximálního konce Femuru.....	79
5.3. Popis a vyhodnocení cévních otvorů v oblasti trochanterického masivu femuru.....	90
5.4. Popis a vyhodnocení lomných linií v trochanterickém masivu femuru na RTG snímcích.....	100

5.5. Biomechanický MKP model proximálního konce femuru s použitím orientace osteonů	102
6. Diskuze.....	104
6.1. Diskuze k literárním zdrojům a makroskopickým nálezům.....	104
6.2. Diskuze k literárním zdrojům a lomným liniím.....	109
6.3. Diskuze k biomechanickým nálezům.....	110
6.4. Závěr diskuze.....	111
7. Zhodnocení a závěr.....	112
8. Grantová podpora.....	113
9. Publikace spojené s prací.....	113
10. Poděkování.....	115
11. Literatura.....	116

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

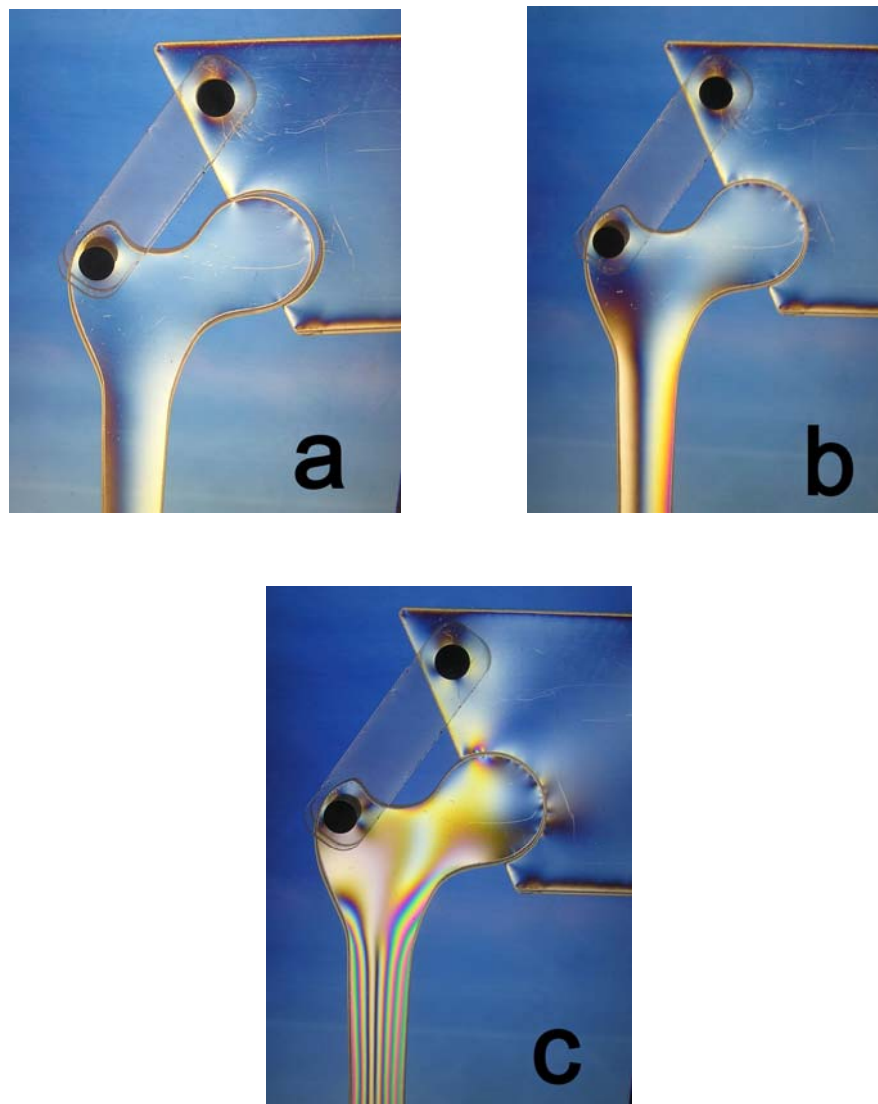
- Radiodiagnostická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze
- Ústav lékařské biofyziky a informatiky 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze
- Ústav anatomie Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Plzni
- Ústav mechaniky, biomechaniky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

Motto: „Koho neuzdraví léky, toho uzdraví příroda“. Hippokrates

2. ÚVOD

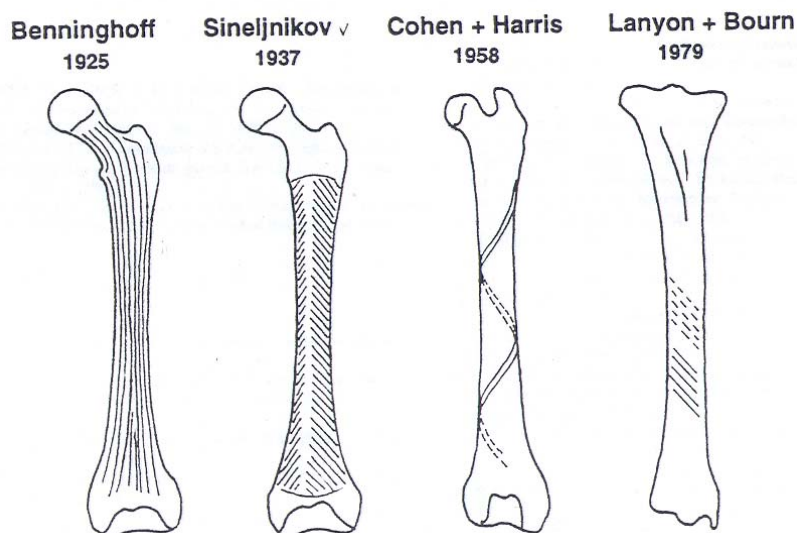
Problematika struktury, růstu, biomechaniky a léčby zlomenin proximálního konce femuru člověka je ve středu zájmu šamanů, ranhojičů, lékařů i biomechaniků od Masajů a starověkých egyptanů do současnosti (viz kapitola 3.2). Z hlediska všech zmíněných oborů jde o region více než problémový – od vývojových anomálií, přes časné opotřebení, 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 architektoniky 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 (obr. 2.1a, b, c).

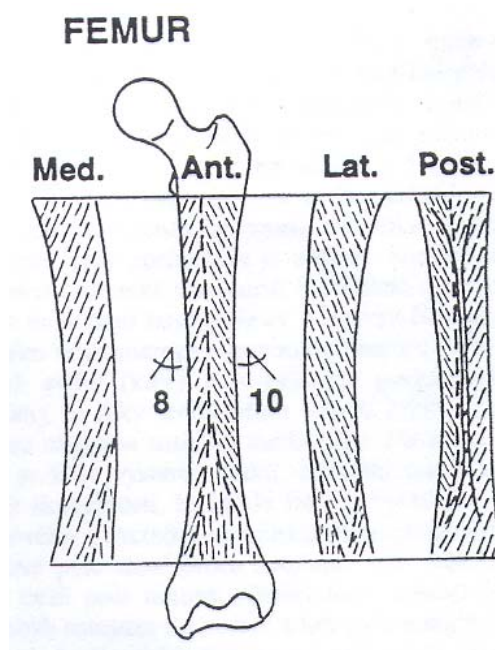


Obrázek 2.1a, b, c. **Model femuru při fotoelasticimetrii - změna zbarvení při postupném zatěžování systému**
(systém umístěn v muzeu Ústavu anatomie Ludwig-Maximilian Universität, Mnichov)

Strukturální analýzu kortikální haverské kosti dosud detailně provedli pouze Benninghof, Sinělnikov, Cohen s Harrisem a Heřt, Fiala a Petrtýl (obr 2.2 a obr. 2.3). 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.



Obrázek 2.2. Zobrazení průběhu osteonů podle vybraných autorů



Obrázek 2.3. Průběh osteonů v diafýze femuru podle Heřta, Fialy a Petrtýla

Zlomeniny trochanterického masivu se nejčastěji dělí na petrochanterické, 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 (viz kapitola 3.3). Petrochanterické 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 bazí 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 cestu (viz kapitola 3.4.) 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 paklobu byl výjimečný. Zvyšování hranice dožití ale musel konzervativní přístup změnit v operační vzhledem ke komplikacím při dlouhodobé imobilizaci pacienta na lůžku, které vedly, ať již z důvodu hypostatické pneumonie, uroinfekce či dekubitální sepse, 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 kompaktě 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.

Celá práce je rozdělena do několika kapitol. Po *úvodu* následuje přehled *historického poznávání* stehenní kosti následovaný nástinem vývoje pohledu na klasifikace a léčbu zlomenin trochanterického masivu.

Další část je věnována *metodickým postupům* využitých při vlastním výzkumu. Vše je řazeno postupně od makropreparací svalových a vazivových úponů, přes vizualizaci

osteonů, vyhodnocování zastoupení a distribuce cévních otvorů a vyhodnocování lomných linií na RTG snímcích, až po použitou metodu konečných prvků a vytváření vlastního biomechanického modelu proximálního konce lidského femuru.

V kapitole *výsledků* jsou vyobrazeny a zdokumentovány makroskopické preparace svalových a vazivových struktur upínajících se na proximální konec femur včetně dokumentace a vyznačení míst, kde žádná z nich kost nekryje. Dále obsahuje obrazovou dokumentaci s komentářem k průběhu osteonů v jednotlivých regionech proximálního konce femuru. Samostatnými částmi je popis a statistické vyhodnocení distribuce cévních kanálů a průběhu typických lomných linií skrze trochanterický masiv. V části poslední se nachází biomechanická analýza vlastního modelu, získaného rekonstrukcí CT řezů, a hodnocená metodou konečných prvků.

V *diskuzi* jsou jednotlivé nálezy porovnávány s údaji v literárních zdrojích a kriticky hodnoceny z pohledu úvodních hypotéz a cílů projektu.

Stručný *závěr* práce je následován *souhrnem literatury* přinášejícím ucelený pohled na danou problematiku a ukazujícím časový vývoj v jednotlivých teoretických i klinických oborech v přístupu k této oblasti.

Tato práce si tedy nekladla žádné cíle ve smyslu vytvoření nové obecně přijatelné klasifikace zlomenin trochanterického masivu či návrhu nové účinné metodiky jejich stabilizace. Za cíl si ale kladla zdokumentovat a analyzovat na kosti morfologické uspořádání svalových a vazivových úponů, vymezení míst nekrytých žádnou morfologickou strukturou, popsat distribuci a velikost perforací trochanterického masivu, popsat směr průběhu osteonů v kortikální kosti femuru, a to všechno s ohledem na průběh typických lomných linií a vzniku charakteristických úlomků pertrochanterické zlomeniny. Tato morfologická práce by proto měla dát odpověď na základní otázku, zda ve výše zmíněných oblastech můžeme najít tzv. „*Locus minoris resistentiae*“ pro vznik těchto 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]. Řecký výraz pro stehno, samozřejmě již mimo TA, zní pak *méros*.

Historii výrazu *femur* dokonale shrnuje ve svém díle „Onomatologia“ **Joseph Hyrtl** [61]. Pod heslem „192. *Interfemineum*“ doslova uvádí: „Interfemineum je dvojsmyslný výraz. Buď hráz nebo vulva, neboť obě se nacházejí mezi stehny (inter femina). Femen je archaická forma Femuru. Femur je proto v genitivu uváděn jako Femoris nebo Feminis. Celsus podává přesvědčivý výklad výrazu Femen, *ima spina in coxarum osse definit – inde femina (femora) criuntur*. Plinius uvádí opruzení stehen při jízdě na koni jako *Femina atteri*. Plinius mluví o zmrzačených *nuccis feminibus*. Varo chválí kohouty *cum feminibus pilosis, cruribusque brevibus*. Suetonius děkuje Femináliím (oblečení nohou), které zženštilí muži, jako císař Augustus, často nosívali podle galského obyčeje (*hyeme quaternis tunicis et feminalibus muniebatur*). Jakmile vyšla tóga z módy, byla *Feminalia* používána jako všeobecný kus oděvu, například u římských oddílů přebývajících v studených zemích. Femen jako *Foemen* bylo používáno analogicky k *Femina* jako *Foemina*. K již řečenému *femen = femur* je prokázáno, že v žádném případě se nejví opodstatněné nazývají jen ženskou hráz *Interfemineum* nebo *Interfoemineum*, jak je tomu v zvykem v anatomii. Zde se přece zcela zřejmě nejedná o *Femina*, ženu, ale o *Foemen = Femen = Femur*, stehno. Také ve výrazu *Interfemineum*, „mezi ženami“ se nelze dopídit žádného anatomického smyslu = významu. Jen termín *Feminal* autora Apuleja (genitiv *Feminalis*) si udržuje odstup od kritiky, neboť je používán pro „ženské pohlaví“, a jistě pochází od slova *Femina*, žena. Jeden anatomický etymolog chtěl, když právě neměl pravdu u smyslů (slov), *Interfemineum* považovat za chybu přepisu slova *Interforaminium*, čímž rozuměl ženskou hráz, protože leží mezi dvěma otvory, řítí a pohlavním otvorem.

Nikoliv Regneru de Graafovi, jak uvádí Pierer, nýbrž samotnému Piererovi je tento nesmysl na obtíž [40].

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 latinoboemicum posoniense (Prešpurský slovník)“ ze 14. století [92]. Neznámý autor jej však přiřadil k pojmu *grus*, zatímco výrazu *femur* přisoudil ekvivalent *ledvie*. 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 dvěře 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]. Uvádí opět pojem *stehno* a dále adjektivum *stehenný* pro *femoralis*. Další dva pokusy souhrnně vydat české anatomické názvosloví zůstaly bez ohlasu České anatomické společnosti: **R. Linc a J. Fleischmann**. „Anatomické názvosloví“ v letech 1959-1960 [86] a **J. Zrzavý** „Latinsko-české anatomické názvosloví“ v roce 1985 [135]. *Linc a Fleischmann* uvádějí pojem *femur = kost stehenní*; *Zrzavý* již moderněji *femur = stehenní kost*.

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].

Části femuru: *chocholík* = *trochanter*, z řeckého slovesa trochazein značící otáčeti se.

Latinská, anglická a česká terminologie proximální části femuru podle Terminologia Anatomica a recetních českých ekvivalentů

A02.5.04.001	Femur; Os femoris	Femur; Thigh bone	Stehenní kost
A02.5.04.002	Caput femoris	Head	Hlavice stehenní kosti
A02.5.04.003	Fovea capitis femoris	Fovea for ligament	Jamka hlavice stehenní kosti
A02.5.04.004	Collum femoris	Neck	Krček stehenní kosti
A02.5.04.005	Trochanter major	Greater trochanter	Velký chocholík
A02.5.04.006	Fossa trochanterica	Trochanteric fossa	Chocholíková jáma
A02.5.04.007	Trochanter minor	Lesser trochanter	Malý chocholík
A02.5.04.008	(Trochanter tertius)	(Third trochanter)	(Třetí chocholík)
A02.5.04.009	Linea intertrochanterica	Intertrochanteric line	Mezichocholíková čára
A02.5.04.010	Crista intertrochanterica	Intertrochanteric crest	Mezichocholíková hrana
A02.5.04.011	Tuberculum quadratum	Quadrate tubercle	Čtvercový hrbolek
A02.5.04.012	Corpus femoris	Shaft of femur; Body of femur	Tělo stehenní kosti
A02.5.04.013	Linea aspera	Linea aspera	Drsná čára
A02.5.04.014	Labium laterale	Lateral lip	Boční okraj
A02.5.04.015	Labium mediale	Medial lip	Přístřední okraj
A02.5.04.016	Linea pectinea	Pectinal line; Spiral line	Hřebenová čára
A02.5.04.017	Tuberositas glutea	Gluteal tuberosity	Hýžd'ová drsnatina

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].

Egyptané 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./, objevený v Luxoru v roce 1862 amatérským egyptologem Edwinem Smithem. Jedná se o 377 řádků, celkem 49 chirurgických poučení z nedokončeného opisu systematické učebnice chirurgie. Obsahuje popis 49 druhů poranění těla, např. návody na léčení ran, vymknutí, zlomenin, ale i vředů a provádění některých operačních výkonů. Předpokládaným autorem je **Imhotep** seu **Imutep**, osobní lékař, kancléř a stavitel pyramidy faraóna Džoséra III., zobrazovaný jako sedící mladík držící v ruce svitek papýru [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 operátor potrestán dokonce smrtí [72].

Starí Číňané používali při chirurgických výkonech k narkóze odvar z konopí nebo z alkoholických nápojů [72].

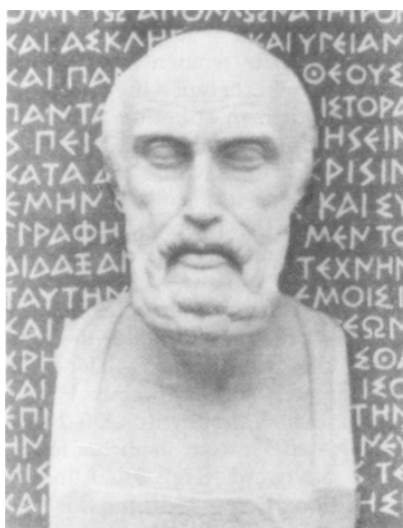
V Indii neexistoval zákaz pitev. Tyto ale byly prováděny až po týdenní maceraci ve vodě, což značně zkreslovalo údaje. Zato chirurgie zaznamenala velký pokrok, a to jak v technice operací, tak i v zajišťování nástrojů, jichž staroindičtí chirurgové znali více než sto. Rovněž je Indie kolébkou plastické chirurgie (byla zde vypracována technika rhinoplastiky transplantací kůže z čela). Nejcenějším pramenem k poznání staroindické

medicíny je „Ajurvéda“. Za jednoho z tvůrců je považován **Sušruta** /6.-5- stol.př.n.l./, který zde zvlášť podrobně popisuje chirurgické zákroky [72].

Řekové a jejich bohové (Apollon, Asklépios, Hygeia) věnovali medicíně mnoho času. Například v eposu Ílias bylo napočítáno celkem 147 válečných zranění [72, 110].

Aristoteles podle větší délky holenní kosti než stehenní kosti u ptáků předpokládal, že tito vůbec stehenní kost nemají [67].

Hippokrates z Kósu /kolem 460 – 370 př.n.l./ (obr. 3.2.1) byl velmi zkušený lékař a vyznal se v ošetřování zlomenin všech kostí končetin, včetně stehenní kosti, a rovněž klíční kosti a dolní čelisti. Doporučoval znehybnit oblast přiložením dlahy a obvazu. Jeho chirurgické texty byly velmi konzervativní, nejprve se snažil pacientovy obtíže odstranit změnami v životním stylu a životosprávě, v odůvodněných případech léky, a teprve potom a zcela ojediněle chirurgickým zásahem. Zavedl např. obvaz hlavy zvaný Hippokratova čapka a lavici na repozici luxací. Radil těm, kteří chtějí provozovat chirurgii, aby nejprve sami šli do války [124].



Obrázek 3.2.1. **Hippokrates z Kósu**

Aulus Cornelius Celsus /25 př.n.l.–50 n.l./ (obr. 3.2.2) vytvořil encyklopedické dílo „Artes (Vědy)“, z jehož 21 svazků se v plném rozsahu dochovalo jen 8 právě věnovaných medicíně. Ačkoli nebyl profesí lékař, nýbrž bohatý majitel nemovitostí, byl

zřejmě donucen léčit svoji rodinu a přátele. Sedmá kniha Věd se věnuje chirurgii. Obsahuje její stručnou historii, seznam chirurgicky léčených nemocí a přehled chirurgických technik používaných při zákrocích na různých místech organismu. Osmá kniha se věnuje frakturám, rupturám a luxacím. Uvádí zde, že se chirurg po provedení výkonu musí věnovat čtyřem základním známkám zánětu – calor, rubor, dolor, tumor [72, 110].



Obrázek 3.2.2. Celsus

Antického boha medicíny Asklepia (Aesculapa) vystřídali jako křesťanští patroni medicíny dva světci – bratři, žijící ve 3. století našeho letopočtu v Kilíkii v Malé Asii, **Kosma** a **Damián**. Za vlády císaře Diokleciána (roku 303) prošli neobyčejně působivým martyriem (přežili pálení, kamenování, ukřižování i řezání na polovinu; vydechli teprve poté, co jim byly uřaty hlavy). Oba prosluli svými léčitelскими schopnostmi a znalostmi. K jejich největším lékařským divům patří údajně první transplantace. Amputovali bílému muži dolní končetinu zachvácenou gangrénou a transplantovali mu místo ní končetinu zemřelého Maura [110].

Claudius Galenus /130–200/, nejslavnější římský lékař, je autor 350 autentických titulů, pokrývajících neobyčejné spektrum problémů. Prováděl pitvy na zvířatech, jeho díla jsou však zaměřena zejména na filozofii a anatomicko-fyziologické pozadí, a to převážně v oblasti vnitřního lékařství. Jako univerzální prostředek léčby (na rozdíl od Hippokrata, který propagoval léčbu hladem) používal pouštění žilou [110].

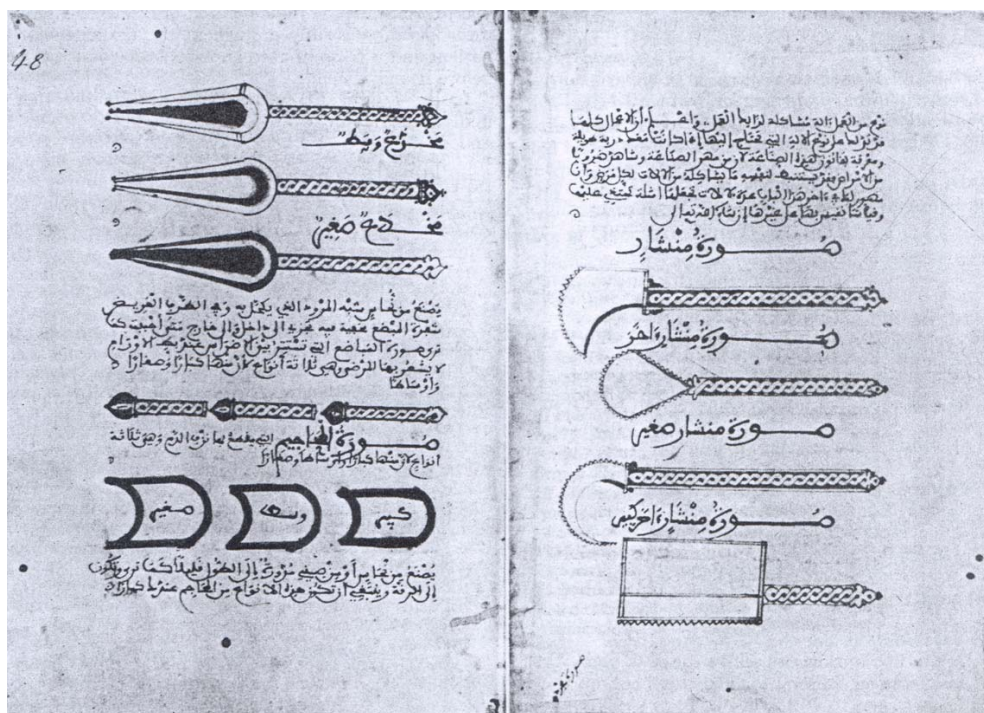
Rhazes seu *Abu Bekr Muhammad ibn Zakarijá al-Rází* /850-923/, jeden z největších lékařů a filozofů Arábie napsal přes 200 lékařských pojednání. Vydal desetidílný medicínský manuál „Al-Kitáb al-Mansúrí fí't-tibb (Al-Masúrova kniha medicíny)“. Devátá část je věnována chirurgii, jednotlivé chorobné stavy jsou probírány v pořadí od hlavy až k patě. Sestrojil přístroj pro odstraňování cizích těles z hrtanu a jako jeden z prvních uplatnil vatou jako obvazový materiál při obvazování ran a při převazech [72].

Abulcasis seu *Abu al-Qasim Khalaf bin 'Abbas el-Zahrawi* /936/940–1013/ (obr. 3.2.3) 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), a dále teorii i praxi kauterizací [99].



Obrázek 3.2.3. **Abulcasis seu el-Zahrawi**

Sám zdokonalil, vymyslel a vytvořil mnoho chirurgických nástrojů (obr. 3.2.4) a zevrubně vysvětlil metodiku jejich použití, byl první, který kresbami ilustroval typ, tvar a velikost nástrojů nezbytných pro rozličné druhy operací.



Obrázek 3.2.4. Nástroje z knihy Abulcasise

Avicenna seu *Abú Alí al-Husajn ibn Abdalláh ibn Siná* /980–1037/ byl první učenec, který vytvořil kompletní filozofickou syntézu v arabském světě. Vytvořil monumentální encyklopedii medicíny „*Kitáb al-Kánún fí ‘t-tibb* (Kánon lékařství)“, v jehož čtvrté knize se věnuje chorobným stavům postihujícím organismus jako celek, např. poraněním a frakturám. Kládl důraz na potřebu anatomických znalostí a považoval chirurgii za organickou součást medicíny [110].

Co se týče chirurgie ve středověku, koncil konaný ve francouzském Tours v roce 1163 zakázal duchovním provozování chirurgie podle hesla „*ecclesia abhorret a sanguine* (církev se hrozí styku s krví)“, a tak se ve většině zemí oddělila chirurgie od univerzitní medicíny. Chirurgií se zabývali lázeňští, lazebníci, mastičkáři, bradýři a nunváři (zvěroklestiči). Výjimkou byla jižní Francie a Itálie, v nichž dosáhla středověká chirurgie vynikající úrovně [112].

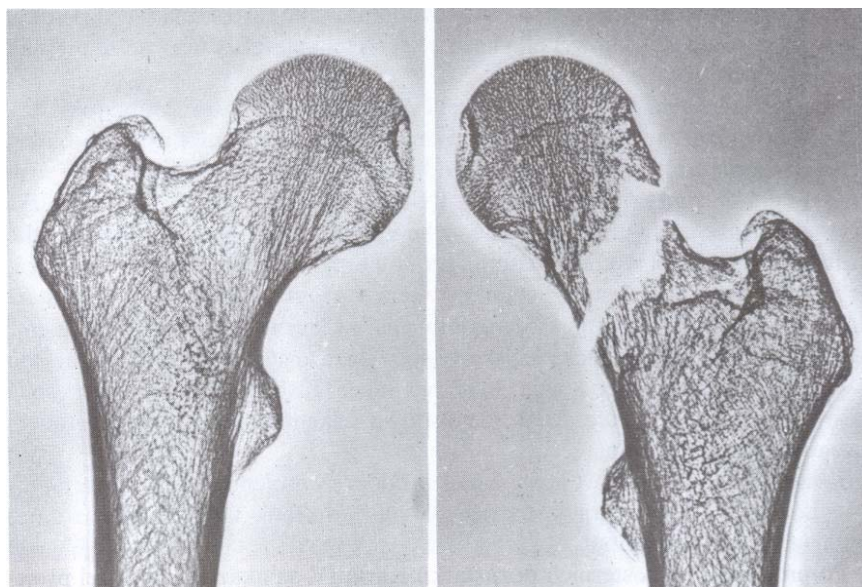
V době renesance chirurgie hrála stále spíše „druhé housle“ a její zásahy zůstávaly omezeny na povrch těla, napravování zlomenin, bodných a střelných ran a též léčbu příjice. Na většině území Evropy se její provozovatelé sdružovali do cechů. V Londýně byl cech mistrů chirurgie založen v roce 1368, v roce 1462 cech mistrů lazebníků a v roce 1540

byly oba sloučeny do Lazebnicko-chirurgické společnosti, fungující až do roku 1745. Toto sloučení zaznamenal na jenom ze svých obrazů Hans Holbein.

Lanfranc z Milána /1250–1306/ patří k nejproslulejším raným autorům chirurgických spisů. Jeho 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/, lékař papežů Klemena VI., Inocence VI. a Urbana V. v Avignonu, se pokusil ukázat chirurgii jako disciplínu s vědeckými základy s bezpodmínečnou nutností znalosti anatomie ve své knize „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 (obr. 3.2.5) [10, 128].



Obrázek 3.2.5. **Rentgenogram zlomeniny krčku levé stehenní kosti Karla IV.**
(podle Vlčka a Bartoníčka)

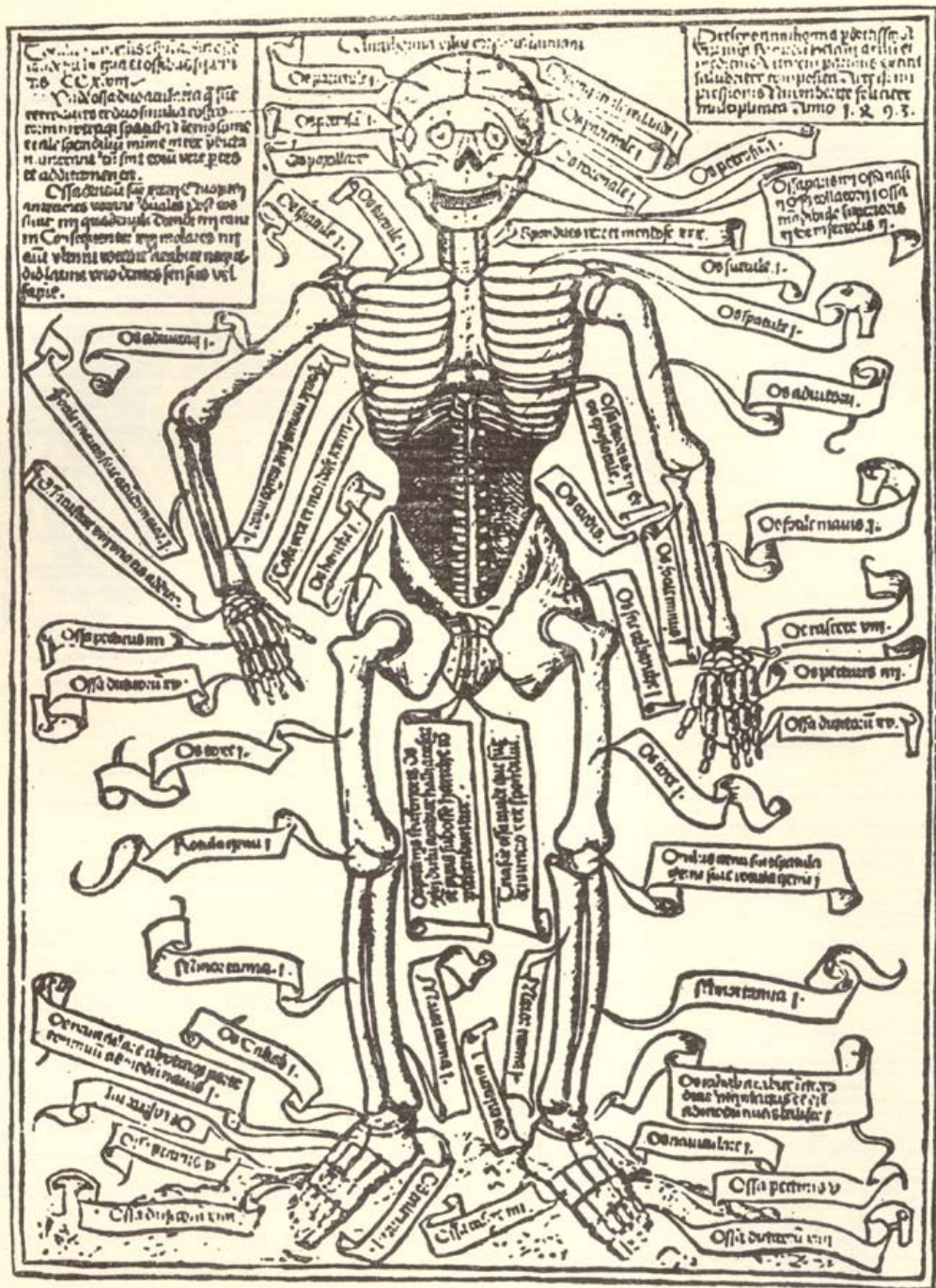
Na českém území však byla objevena kostra mladé ženy na tábořišti, jež bylo součástí sídliště v Dolních Věstonicích z doby přibližně před 27 660 lety. Žena (označení Dolní Věstonice XV) zemřela zřejmě tragickou smrtí a byla s dalšími dvěma muži uložena do společného hrobu. Její kostra nesla několik patologických známek, mezi nimi i změny hlavice pravé stehenní kosti a jamky kyčelního kloubu s následnou skoliózou páteře. Po antropologické analýze byla stanovena diagnóza proximální femorální hypoplázie [112].

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].

Jedny z nejstarších ilustrací chirurgických nástrojů přináší kniha *Hieronyma Brunschwiga /1450–1533/* „Buch der Wund-Artzney (Kniha ošetřování ran)“ [110].

Jacobus Berengarius seu *Giagocomo Berengaria da Carpi* seu *Iàcopo Barigazzi /1460– 1530/* studoval a přednášel chirurgii v kolébce pitev Bologni na základě vlastních pozorování [21].

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 (obr. 3.2.6).



IV. RICHARD HELAIN'S »NUREMBERG SKELETON« FROM 1493

Obrázek 3.2.6. Norimberský skeleton Richarda Helaina z roku 1493

Leonardo da Vinci /1452 – 1519/ (obr. 3.2.7) ač svým zaměřením umělec, ve své době předčil všechny lékaře a anatomy a na dlouhá desetiletí vytvořil nejdokonalější náčrty

a obrazy rozličných částí lidského těla (celkem asi 8000) (obr. 3.2.10), od slavných maleb svalů přes dokonale provedenou kresbu matky s plodem a placentou až po precizně provedený obraz srdce, přetiskovaný ještě 250 let po jeho smrti v mnohých anatomických publikacích [102].



Obrázek 3.2.7. **Leonardo da Vinci**

Andre Wesal seu Andreas van Wesels seu Andreas Vesalius /1514–1564/ (obr. 3.2.8), žák Sylvia, snad nejvýznamnější ze všech renesančních anatomů, vytvořil svým dílem ucelenou koncepci anatomie jako vědního oboru.



Obrázek 3.2.8. **Vesalius**

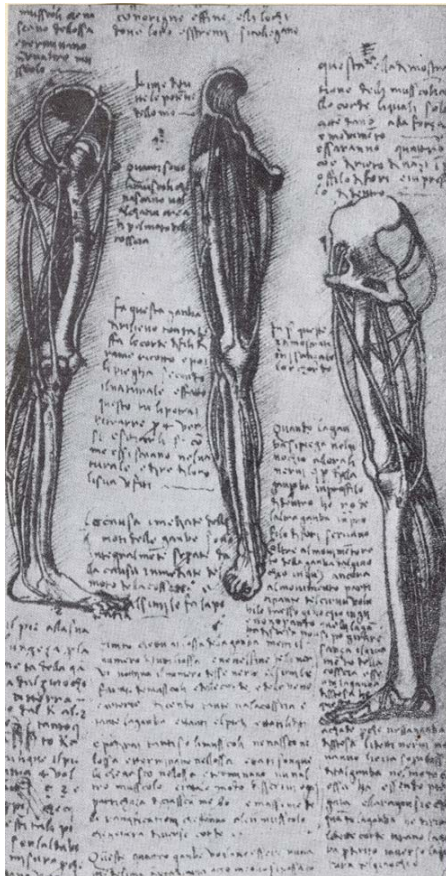
Byl lékařem španělských králů Karla V. a Filipa II., chirurgem armády Karla V. a později profesorem anatomie v Padově, Bologni a Pise. Prováděl četné pitvy a v univerzitní aule v Bazileji můžeme dodnes vidět téměř celou kostru, kterou sám vyčistil a sestavil (obr. 3.2.9).



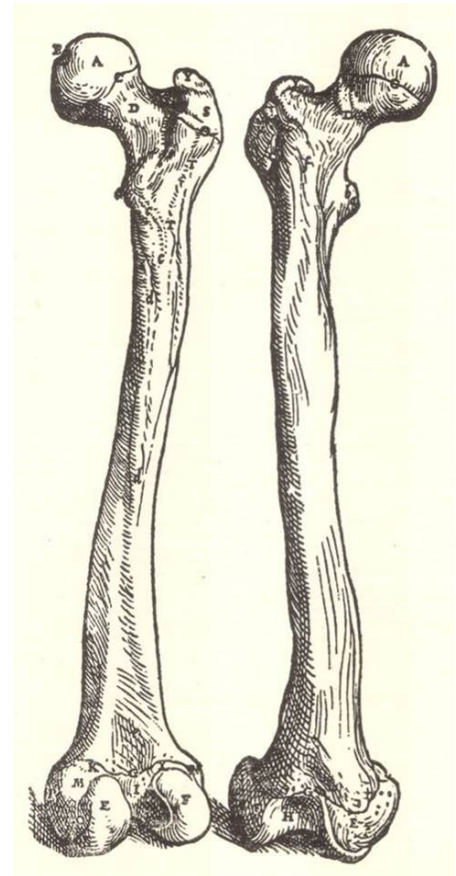
Obrázek 3.2. 9. **Bazilejská kostra**

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. Ačkoli dílo nepřináší nic převratně nového, vyvrací vehementně zastaralé Galenovy názory a přináší první systematickou anatomii vůbec, doplněnou nádhernými ilustracemi Tiziánova žáka *Jana Stephana Calcara* (obr. 3.2.11). Za své pitvy byl inkvizicí odsouzen k smrti, král Filip II. mu však trest změnil v pouť do Jeruzaléma. Zemřel při lodním neštěstí na zpáteční cestě [17].



Obrázek 3.2.10. Obrázek femuru z Vinciho díla



Obrázek 3.2.11. Obrázek femuru z Vesaliova díla

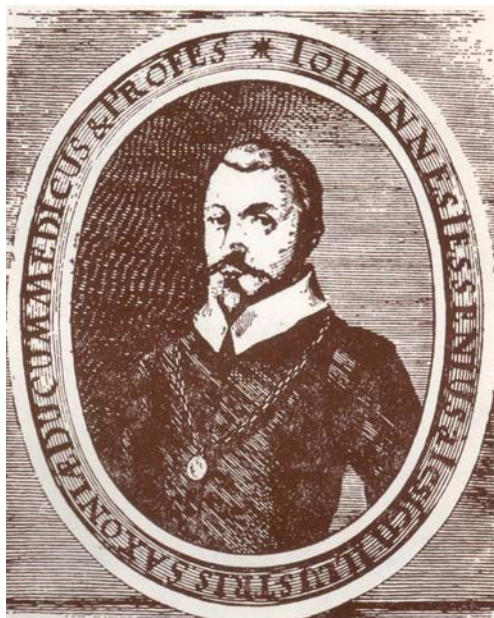
Realdo Colombo /1515-1559/, žák Vesalia a jeho nástupce v Padově, autor knihy „De re anatomica (O věcech anatomických) z roku 1559 aplikoval znalosti z anatomie ptáků o delší holenní kosti než stehenní na všechny čtyřnohá zvířata kromě opic [67].

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].

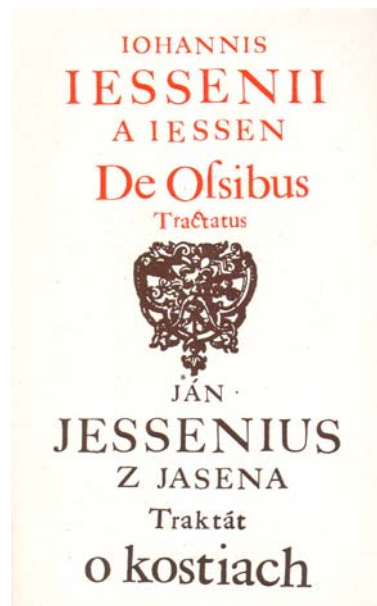
Bartolommeo Eustachii /mezi 1500 a 1524–1574/ byl lékařem papežů a profesorem anatomie v Římě. V roce 1552 vytvořil první skvělé anatomické tabule na měděných deskách „*Tabulae Anatomicae*“. Tyto však zůstaly zapomenuty ve vatikánských archívech a dílo vyšlo až dlouho po jeho smrti (Řím, 1714) díky *Lancisiovi* [21].

Johannes Jessenius či **Ján Jesenský** /1566–1621/ (obr. 3.2.12), osobní lékař krále Matyáše a rektor univerzity ve Wittenbergu a Praze, poznamenává ve své „*Anatomiae Pragae Anno MDC Senniter Administrate Historia*“ (Wittenberg 1601) několik podstatných informací o svalech začínajících a upínajících se na stehenní kost. Jeho kniha je však více než svým anatomickým pohledem na člověka spíše reklamou, jež měla upoutat pozornost mocných a bohatých té doby a přinést peníze chudé a zubožené lékařské fakultě pražského vysokého učení.

V překladu Františka Šimona z latinského originálu do slovenštiny „*Traktát o kostiach / De Ossibus Tractatus*“ [68] (obr. 3.2.13) můžeme v kapitole „*Stehnová kosť*“ 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*“. Poznamenává, že latinští autoři stehenní kost pojmenovali trojakým jménem *femur*, *femor* a *femen*. *Jessenius* podává podrobný popis celé stehenní kosti včetně chocholíků a popisu kyčelního kloubu.



Obrázek 3.2.12. **Jessenius**



Obrázek 3.2.13. **Titulní strana
Tractatus de Ossibus**

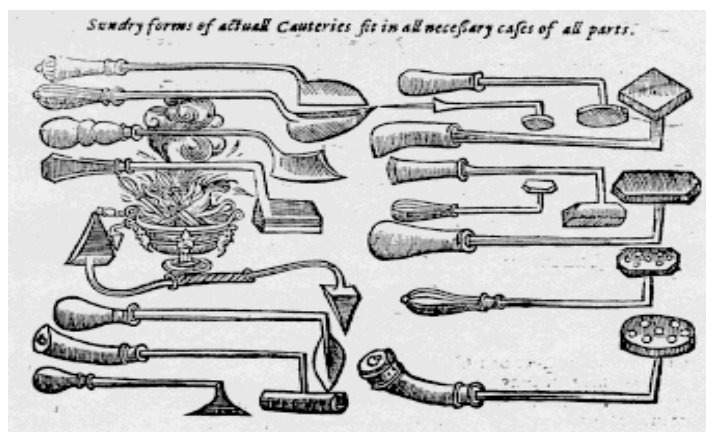
Phillipus Aureolus Theoprastus Bombastus von Hohenheim seu *Paracelsus* (1493-1541), rozporuplná postava dějin medicíny, odmítal anatomické znalosti a tradici lékařských autorit, přednášel v národním jazyce na půdě univerzity. Zavrhoval odtržení chirurgie od medicíny a věnoval jí díla „Drei Bücher der Wundarznei (Tři knihy ranhojičství)“ a „Die grosse Wundarznei (Velká chirurgie)“ z roku 1528. Jako první navrhl přikládání čistých obvazů na ránu a odmítal vypalování ran [17]. V roce 1537 působil u nás v Moravském Krumlově.

Jeden z nejznámějších chirurgů renesance, *Ambroise Paré* /1510–1590/ (obr. 3.2.14) se také naučil svému chirurgickému umění na bojišti.



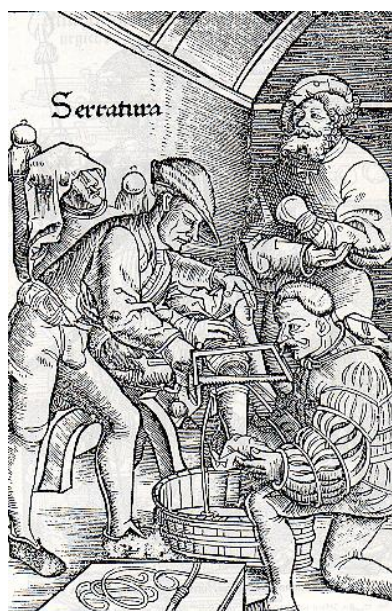
Obrázek 3.2.14. **Ambroise Paré**

V roce 1559 se marně pokoušel zachránit život krále Jindřicha II. poté, co byl dřevcem zraněn do oka při rytířském turnaji. Posléze byl též osobním lékařem jeho synů, králů Františka II., Karla IX. a Jindřicha III. Ve svém díle „*La methode de traicter leys playes faictes par hacquebutes et aultres bastons à feu* (Pojednání o střelných ranách)“ z roku 1545 přísně odmítnul do té doby standardní léčebné postupy u střelných ran – jejich vypalování horkým železem nebo vroucím olejem za účelem zabránění infekce, zanícení a rozkladu tkáně před zahájením léčby směřující ke zhojení. Zavedl operace kloubů se speciálními nástroji (obr. 3.2.15), rozštěpu rtu a nové amputační postupy [17].



Obrázek 3.2.15. Nástroje Ambroise Parého

Rovněž začal důsledně používat ligatury při provádění amputací – „Dix livres de la chirurgie (Deset knih o chirurgii)“ z roku 1564 (obr. 3.2.16) – např. při amputaci ve stehně bylo potřeba použít 53 ligatur. Tento proces se urychlil až v 18. století, když *Petit* zavedl první účinný turniket. Frakturami a dislokacemi se poprvé obšírně zabírá právě *Paré* ve své další knize „Cing livres de chirurgie (Pět knih o chirurgii)“ z roku 1572.



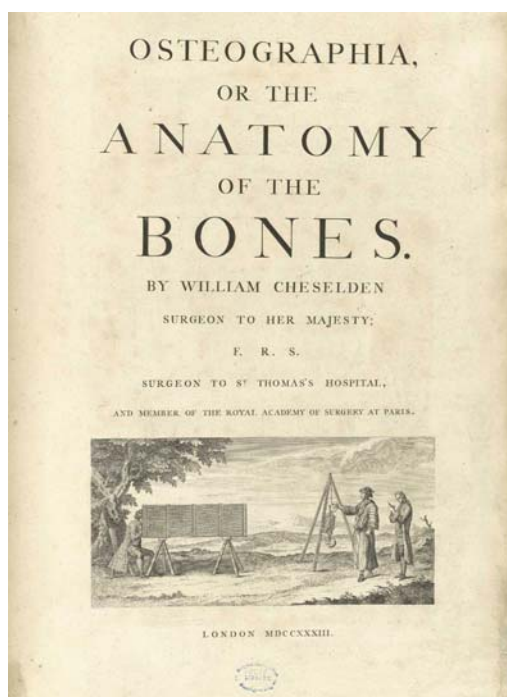
Obrázek 3.2.16. Rytina amputace prováděné Ambroise Parém

Spis otce anglické chirurgie, *Richarda Wisemana* /1622–1676/, nazvaný „Pojednání o ranách“ z roku 1672 popisuje amputace končetin na základě svých zkušeností z válečné chirurgie [110].

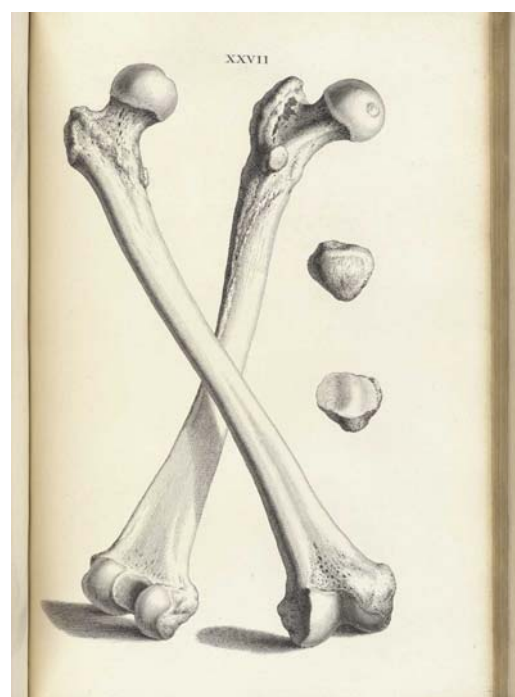
Kvalitní anatomický atlas týkající se kostí „Osteographia (Zobrazení kostí)“ (obr. 3.2.18 a obr. 3.2.19) vydal **William Cheselden** /1688–1752/ (obr. 3.2.17).



Obrázek 3.2.17. **William Cheselden**



Obrázek 3.2.18. **Kniha Zobrazení kostí
Williama Cheseldena**



Obrázek 3.2.19. **Kresba stehenních kostí
z této knihy**

Velmi podrobný a kvalitní anatomický atlas „*Icones Anatomicae* (Anatomické obrazy)“ vytvořil baron **Albrecht von Haller** /1708–1777/, který působil jako profesor anatomie, fyziologie, chirurgie a botaniky na nově založené univerzitě v německém Göttingenu (1735) [21].

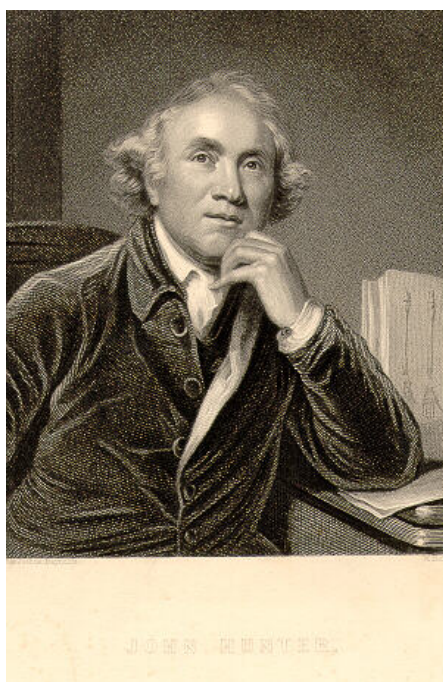
Centra anatomie se přenesla od 17. století z Itálie na západ a sever. **Bernard Siegried Weiss seu Albinus** /1697–1770/ byl nejzručnějším z anatomů leydenské školy, své spisy doplněné skvělými ilustracemi věnoval především kostem, svalům a děloze v těhotenství [17].

Na konci 17. století se díky úspěšné operaci anální píštěle, kterou provedl C.F. Felix /1650–1703/ králi Ludvíku XIV., zlepšilo společenské postavení a uznání chirurgů ve Francii. V roce 1724 dovolil král Ludvík XV. elitní organizaci akademicky vzdělaných chirurgů Collège de Saint-Côme (existující již od středověku) provozovat veřejně přístupné kurzy. Nejvýznamnějším učitelem této školy byl **Jean Louis Petit** /1674–1750/, autor šroubovitého turniketu určenému ke kruhovitému stlačení končetiny, neocenitelného při amputacích dolní končetiny ve stehně k zástavě krvácení. Od roku 1794 byla pak chirurgie přednášena medikům v Paříži rovnocenně s ostatními lékařskými disciplínami [110].

Lorenz Heister /1683-1758/, profesor anatomie v Altdorfu a Helmstädtu, získal rovněž praxi na válečném poli a díky svým mimořádné chirurgické zručnosti zdokonalil mnoho operačních postupů i nástrojů. Vydal první systematické učebnice chirurgie „*Chirurgia*“ (1718), „*Institutiones chirurgiae* (Výklad chirurgie)“ (1739) a „*Die kleine Chirurhie* (Malá chirurgie)“ (1747) [110].

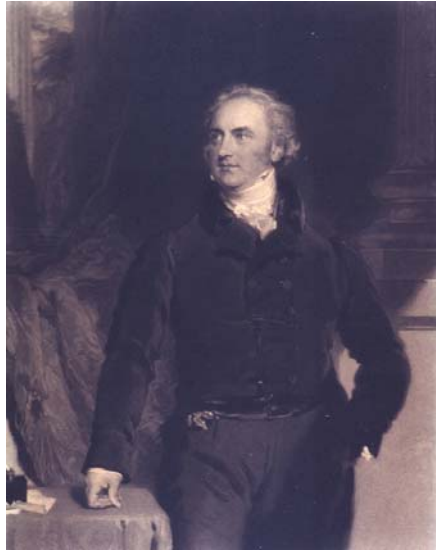
V Anglii byla založena první katedra anatomie a chirurgie na univerzitě v Edinburghu a prvním přednostou se stal **Alexander Monro Primus seu Senior** /1697-1767/, sám chirurg [17].

Skotští lékaři, bratři **Hunterové**, chirurg **John** /1728–1793/ (obr. 3.2.20) a anatom a chirurg **William** /1718–1783/ se postarali o zrovnoprávnění chirurgie s ostatními obory medicíny v Anglii. **William Hunter** založil v Piccadilly slavnou anatomickou školu nabízející rovněž výuku chirurgie. **John Hunter**, neúnavný experimentátor, studoval šok, zánět a poruchy cévního systému, významně přispěl k přerodu chirurgie z původní manuální řemeslné dovednosti ve vědeckou disciplínu založenou i na fyziologii. Shromáždil pozoruhodnou sbírku anatomických a biologických exponátů, které se staly základem sbírky Hunterova muzea Královské chirurgické společnosti, včetně kostry proslulého irského obra Johna Byrna [110].



Obrázek 3.2.20. **John Hunter**

Hunterovi žáci se stali dalšími průkopníky chirurgie ve světě. **John Abernethy** /1764–1831/ se snažil přeměnit chirurgii z řemesla na vědu v praxi. **Sir Astley Paton Cooper** /1768–1841/ (obr. 3.2.21), který získal šlechtický titul za úspěšné odstranění cysty králi Jiřímu IV., dokázal amputovat dolní končetiny v kyčelním kloubu za 20 minut [17].



Obrázek 3.2.21. **Sir Astley Paton Cooper**

Ve Francii byl mistrem amputací **baron Dominique Jean Larrey** /1766–1842/, který doprovázel francouzské Napoleonovo vojsko na všech jeho taženích a jeho počinem je návrh „ambulances volantes“ (dvojkolky tažené koňmi pro rychlý odvoz raněných z bojišť) [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 kostí, osteogenezi, růstu kosti a její remodelování v letech 1799-1804 [110].

Julius Wolff /1836-1902/, profesor chirurgie v Berlíně, přednášel především ortopedii a zabýval se architekturou kostí, zejména ve svém díle „Das Gesetz der Transformation der Knochen“ [110].

Josias Weitbrecht /1702-1747/ působil jako anatom ve Württembergu. 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 (obr. 3.2.22), doprovázenou dokonalými vyobrazeními, zahrnujícími i oblast kyčelního kloubu, u něž zobrazil retinakula nesoucí jeho eponymum [130, 132].



Obrázek 3.2.22. **Syndesmologia Josiase Weitbrechta**

Teprve v roce 1819 publikoval **Cooper** první klasifikaci zlomenin krčku stehenní kosti v díle „Surgical Essays“ jako výsledek experimentů na zvířatech z předchozího roku, při nichž používal metodu abdukce pro konzervativní terapii zlomenin krčku stehenní kosti u dospělých pacientů [23]. Souhrn klasifikace pak vydal v roce 1823 v díle „A treatise on dislocation and on fractures of the joints“ [22]. Blíže pak ke klasifikacím v kapitole 3.3.

Robert Adams /1795-1871/ (obr. 3.2.23), významný irský anatom a chirurg, 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 kapitolu 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 eponym Adamsův oblouk. Jeho popis je neprávem přisuzován anglickému chirurgovi *Williamu Adamsovi* [9].

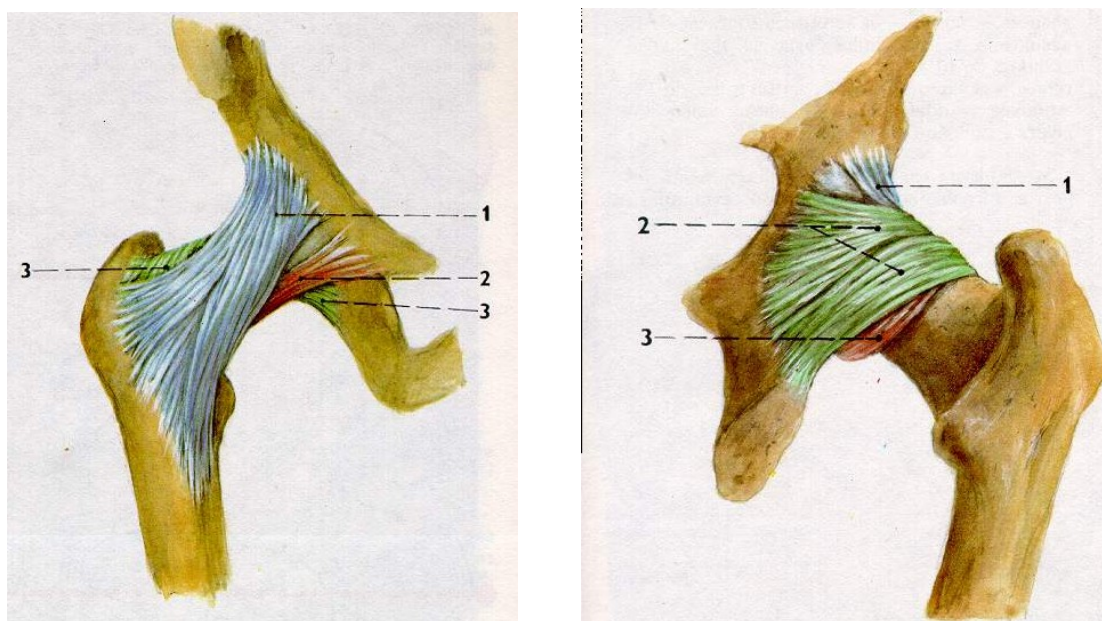


Obrázek 3.2.23. **Robert Adams**

Studium stehenní kosti s rozvojem chirurgických oborů dále postupovalo ruku v ruce s poznáváním a léčbou zlomenin, čemuž jsou přehledně věnovány kapitoly 2.3. a 2.4. této práce.

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

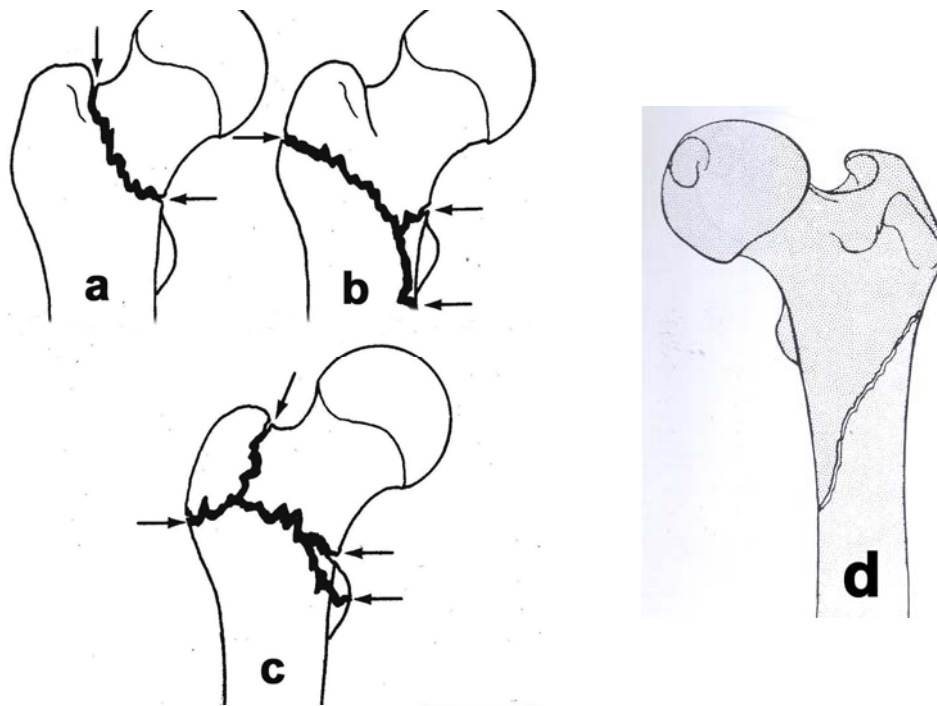
V průběhu vývoje docházelo k vytvoření celé řady klasifikací zlomenin proximálního konce femuru, které jsou založeny na hodnocení různých atributů. Většinou však respektují základní morfologické uspořádání proximálního femuru a rozlišují dvě hlavní skupiny: zlomeniny krčku femuru a zlomeniny v oblasti trochanterického masivu. Nejobecnější rozdělení je podle vztahu ke kyčelnímu kloubu, respektive úponu kloubního pouzdra a jeho vazů (obr. 3.3.1) na zlomeniny intrakapsulární a extrakapsulární.



Obrázek 3.3.1. **Vazy kloubního pouzdra kyčelního kloubu (Čihák)**

1 – ligamentum iliofemorale, 2 – ligamentum ischiofemorale, 3 – ligamentum pubofemorale

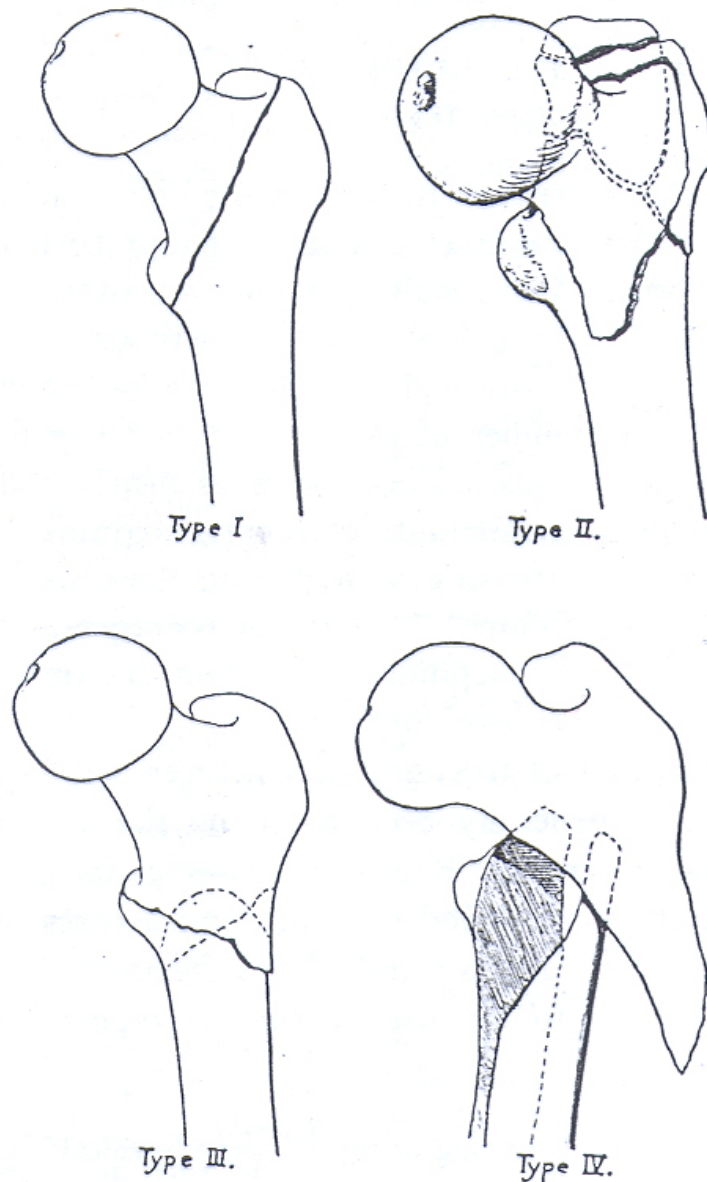
Základní rozdělení extrakapsulárních zlomenin proximálního femuru je založena na anatomickém umístění: na bazicervikální, trochanterické (per- a intertrochanterické) a subtrochanterické (3.3.2) [7].



Obrázek 3.3.2. **Základní rozdělení extrakapsulárních zlomenin proximálního konce femuru** (a basicervikální, b+c trochanterická, d subtrochanterická)

Vzhledem k tématu této práce bude 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** (obr. 3.3.3) publikovali práci, ve které rozčlenili fraktury trochanterického masivu s ohledem na mechanismus vzniku a stabilitu zlomeniny do čtyř kategorií. V první jsou zahrnuty zlomeniny nedislokované, kategorie II jsou víceúlomkové zlomeniny trochanterického masivu, skupinu III tvoří trochanterické fraktury s odtržením *trochanter minor* a skupinu IV tvoří šikmé zlomeniny proximálního femuru. Poslední kategorie této klasifikace již odpovídá zlomeninám subtrochanterickým [16].



Obrázek 3.3.3. **Boydova a Griffinova klasifikace pertrochanterických zlomenin**

V roce 1949 *Evans* navrhl jednoduchou klasifikaci založenou na stabilitě zlomeniny a určovanou rentgenologicky pre- a postrepozici (obr. 3.3.4). Podskupinami jeho dělení jsou: zlomeniny probíhající od malého chocholíku vzhůru a laterálně a zlomeniny probíhající z mediální strany šikmo dolů a laterálně. Z hlediska stability a dislokace rozeznává u prvního typu čtyři druhy: stabilní nedislokovaná zlomenina, dislokovaná zlomenina, která se stane stabilní po repozici, nestabilní dislokovaná zlomenina, kterou není možno reponovat a poslední nestabilní roztříštěná zlomenina. Druhý typ dělí na zlomeniny bez dislokace a s dislokací [39].

TROCHANTERIC FRACTURES

TYPE 1

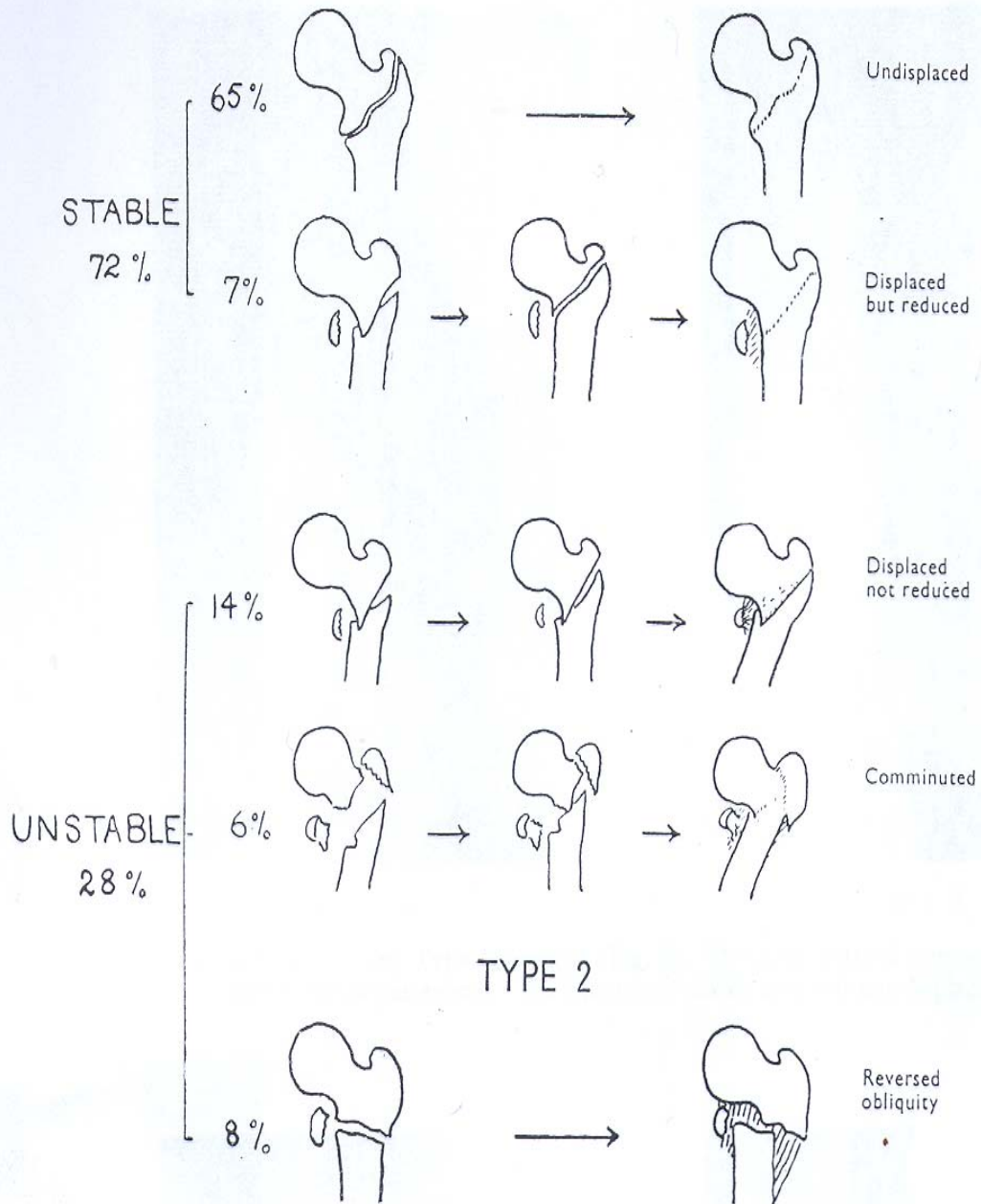
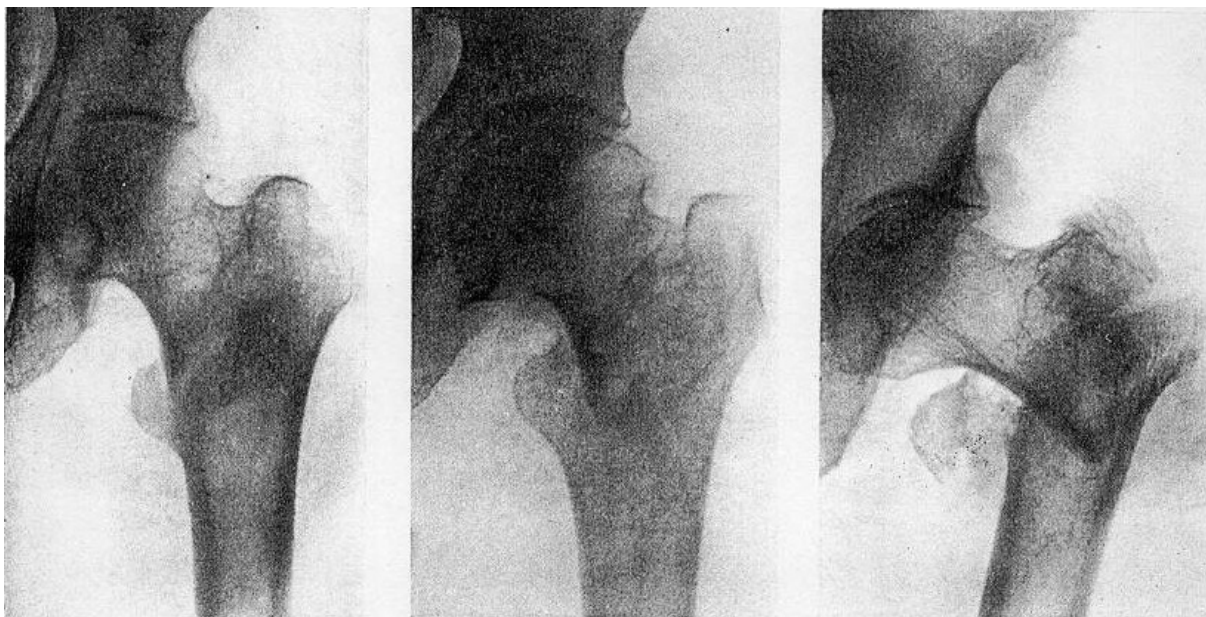


FIG. 1

Obrázek 3.3.4. Evansova klasifikace pertrochanterických zlomenin

V roce 1951 **Hafner** klasifikoval trochanterické zlomeniny jednoduše na dislokované a nedislokované, do tří typů: typ I fraktury s minimální dislokací a bez přecházení kortikalis, typ II dislokované fraktury s několika úlomky a typ III významně roztržitěná zlomenina - u tohoto typu uvádí: „Příliš roztržitěná k vnitřní fixaci jakoukoliv metodou“ (obr. 3.3.4) [52].



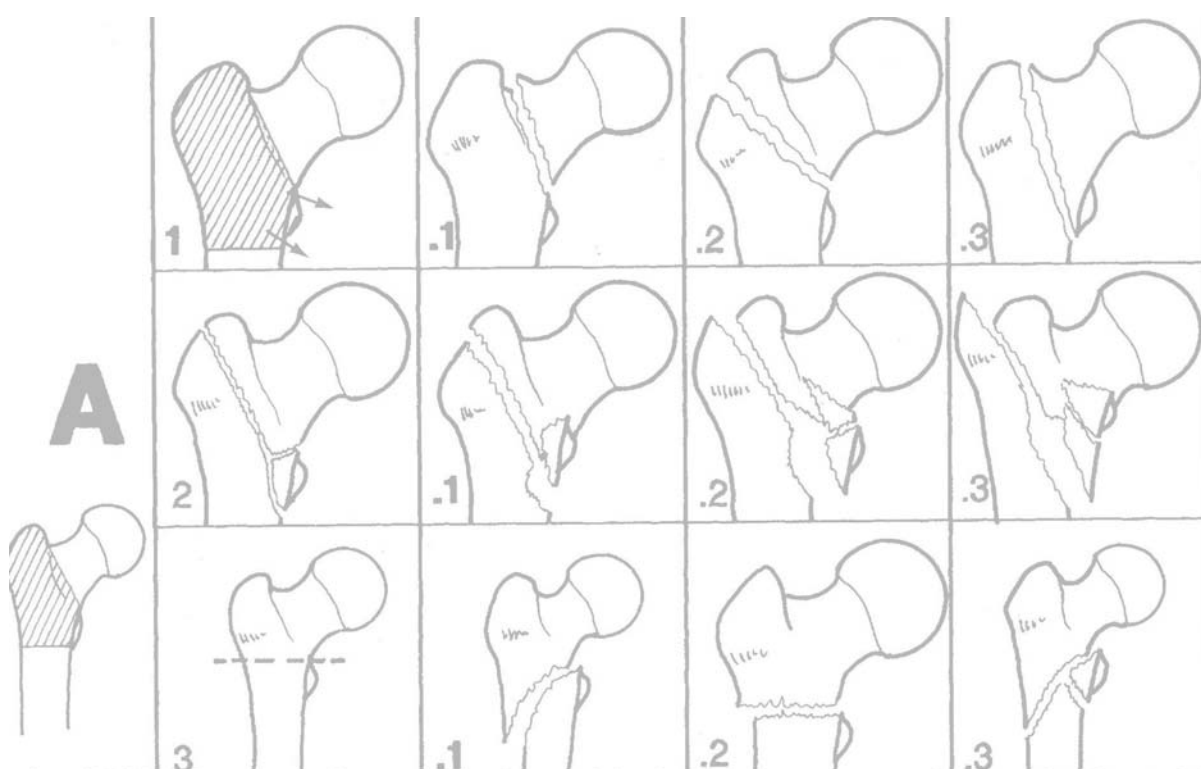
Obrázek 3.3.4. **Hafnerova klasifikace**

Wade v roce 1959 rozdělil zlomeniny na dislokované a nedislokované bez ohledu na stabilitu zlomeniny [129]. Později byla stabilita rozpoznána jako určující faktor funkčních výsledků. Opravdu stabilní zlomenina je ta, která je nedislokována nebo u které jsou alespoň po repozici v kontaktu přední i zadní kortikalis. Selhání dosažené stability je spojeno s dislokací fragmentů a varózním postavením, se zkrácením končetiny v průběhu hojení. Na základě těchto sledování byly navrženy klasifikace založené na přítomnosti defektu mediálním nosným pilíři - Adamsově oblouku.

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 (obr. 3.3.5). AO klasifikace pertrochanterických zlomenin, stejně jako mnoho ostatních, je

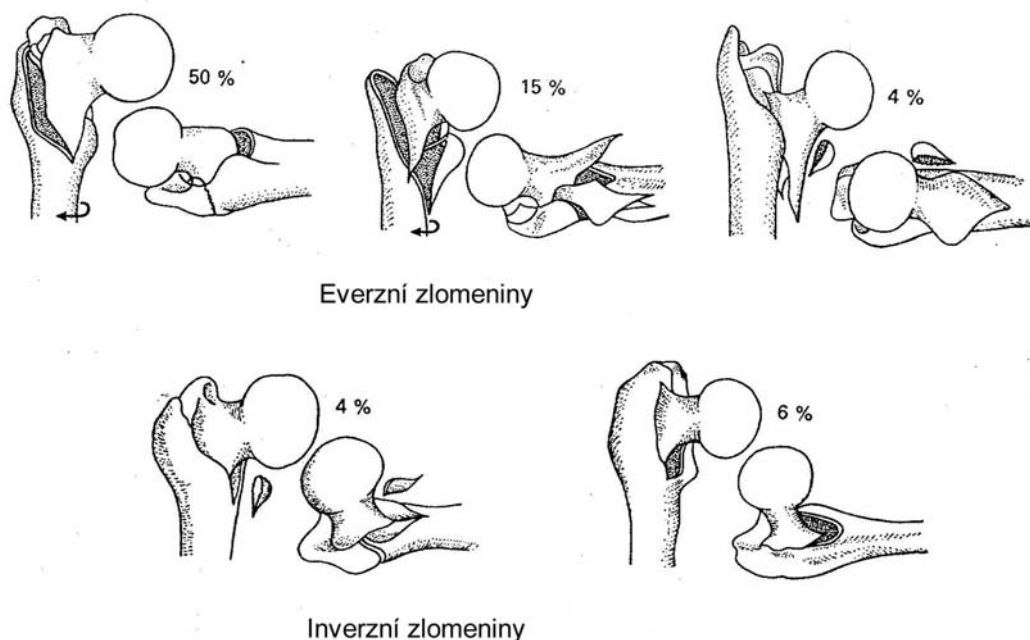
složitá a pro klinickou praxi obtížně použitelná. Nicméně v současnosti je nejvíce používaná právě pro podrobnou deskripci.



Obrázek 3.3.5. AO klasifikace

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. Skupinu I tvoří zlomeniny nedislokované, skupinu II tvoří dislokované stabilní a skupinu III dislokované nestabilní. Každou z těchto tří skupin ještě dále rozdělil na trochanterické, intertrochanterické, spirální a/nebo šikmé a na tříštivé. Tato klasifikace byla jen minimálně používána.

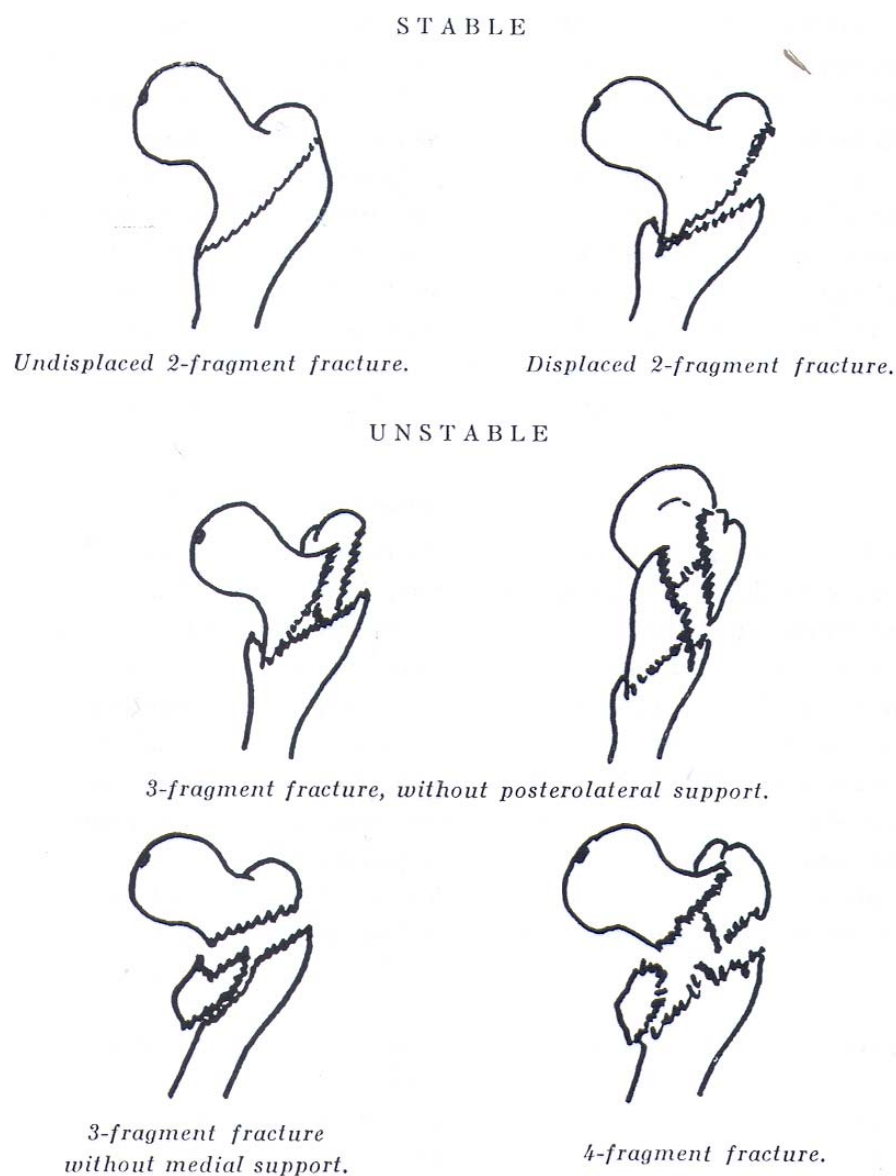
Ender navrhl v roce 1970 klasifikaci založenou na mechanismu úrazu, zavedl termíny jako everzní fraktura a inverzní fraktura [38]. V této klasifikaci se posuzuje postavení fragmentů v rentgenologickém obraze. Everzní fraktury mají postavení fragmentů varózní, což je v praxi indikace k operaci, inverzní fraktury mají postavení fragmentů valgózní, obecně anatomicky výhodnější, což vytváří možnost časné funkční terapie (obr. 3.3.6) [59].



Obrázek 3.3.6. **Enderova klasifikace** (podle Hudce)

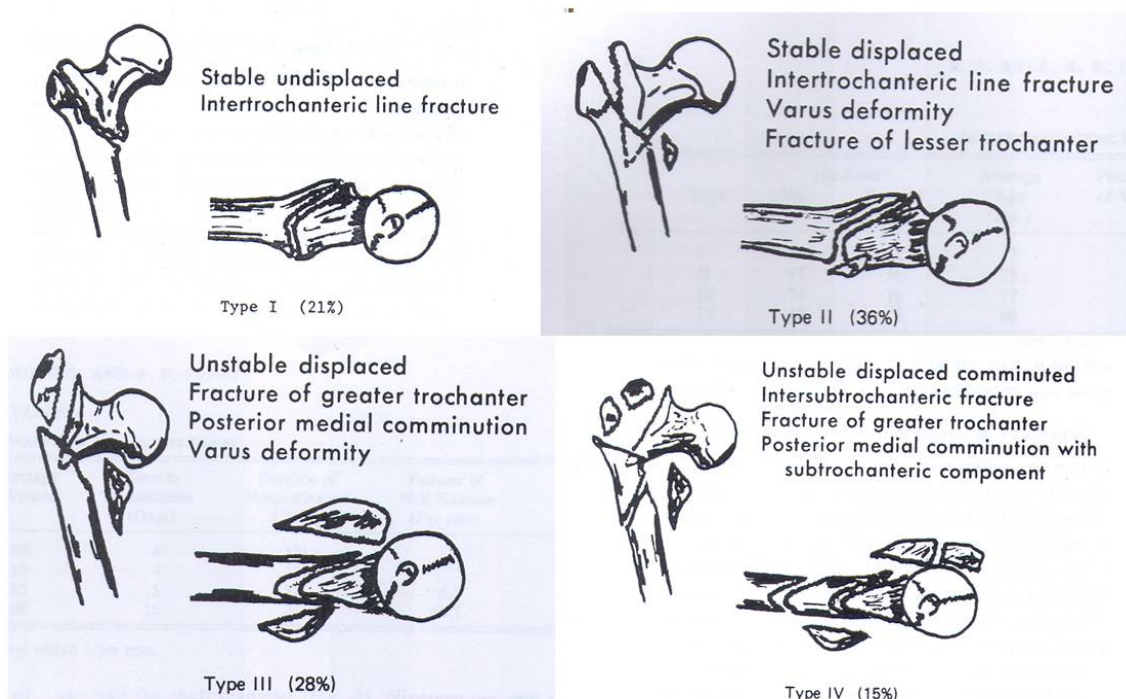
V roce 1973 se **Tronzo** vrátil ke klasifikaci Boyda a Griffina a částečně ji modifikoval [126]. Rozděluje typ III Boydovy a Griffiny klasifikace tj. trochanterické zlomeniny s odtržením malého trochanteru ještě dále do dvou skupin. Tato klasifikace se v klinické praxi také neujala.

V roce 1975 *Jensen a Michaelsen* publikovali klasifikaci novou, založenou na hodnocení počátečních rentgenových snímků (obr. 3.3.7) [65]. Rozdělili zlomeniny trochanterického masivu do pěti typů, první dva jsou hodnoceny jako zlomeniny stabilní a zbývající tři jako zlomeniny nestabilní. Tato klasifikace umožnila předpovědět riziko dislokace postfixačně a omezila rozdíly v interpretaci jednoho rentgenového snímku více lékaři. Posuzování zlomenin z pohledu stability přebraly i další klasifikace.



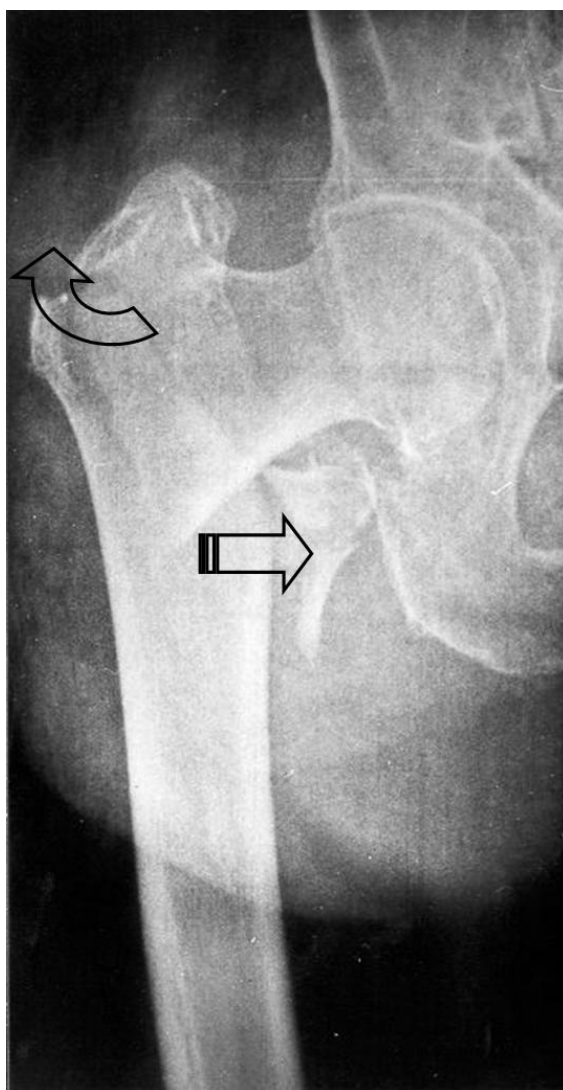
Obrázek 3.3.7. **Jensenova a Michaelsenova klasifikace**

V roce 1979 se vrátil **Kyle** ke klasifikaci Evansově a přerozdělil ji do čtyř skupin [82, 104]. Skupinu I tvoří nedislokované a stabilní fraktury, skupinu II stabilní a dislokované, skupinu III nestabilní a dislokované a novou skupinu IV, která je tvořena tříštvými nestabilními dislokovanými zlomeninami (obr. 3.3.8). V klinice nebyla šířeji používána.



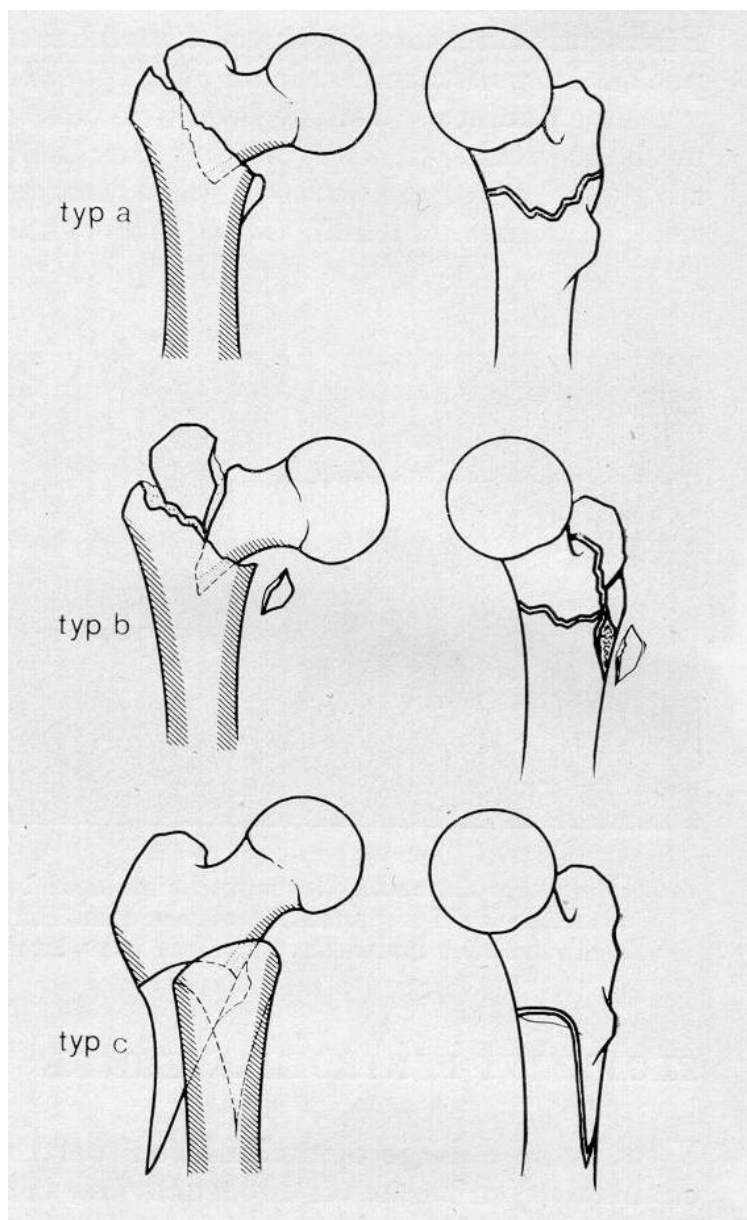
Obrázek 3.3.8. Kyleova klasifikace

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]. V kazuistikách těchto případů vyzoroval zvýšené riziko selhání fixace. U víceúlomkových zlomenin se dají obecně vyzorovat tyto dislokace v závislosti na anatomických strukturách. Při odtržení *trochanter major* je tento dislokován laterálně a kraniálně, kdežto *trochanter minor* vždy mediálně (obr. 3.3.9).

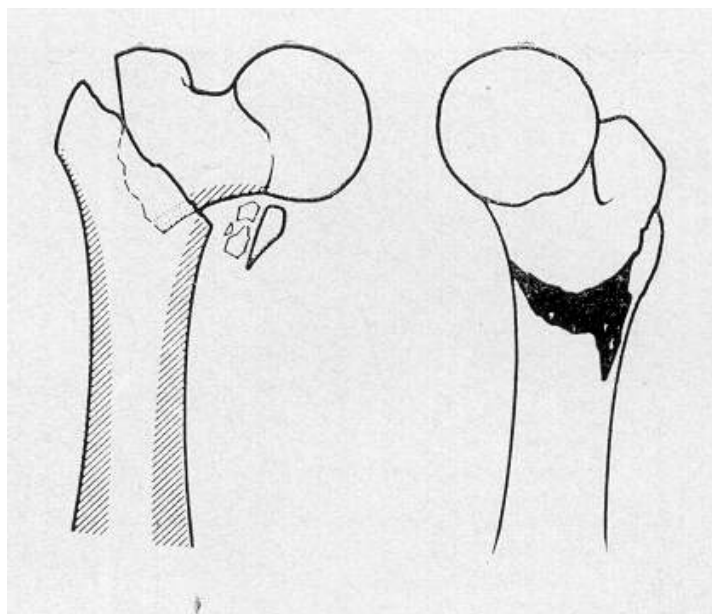


Obrázek 3.3.9. Naznačení dislokací velkého a malého chocholíku

Do klinické praxe u nás se vžila klasifikace *Debrunnera a Čecha*, kteří klasifikují zlomeniny trochanterického masivu pouze do dvou skupin [29]. Na stabilní (obr. 3.3.10a) a nestabilní (obr. 3.3.10b).



Obrázek 3.3.10.a Stabilní zlomeniny dle Debrunera a Čecha



Obrázek 3.3.10.b Nestabilní zlomeniny dle Debrunera a Čecha

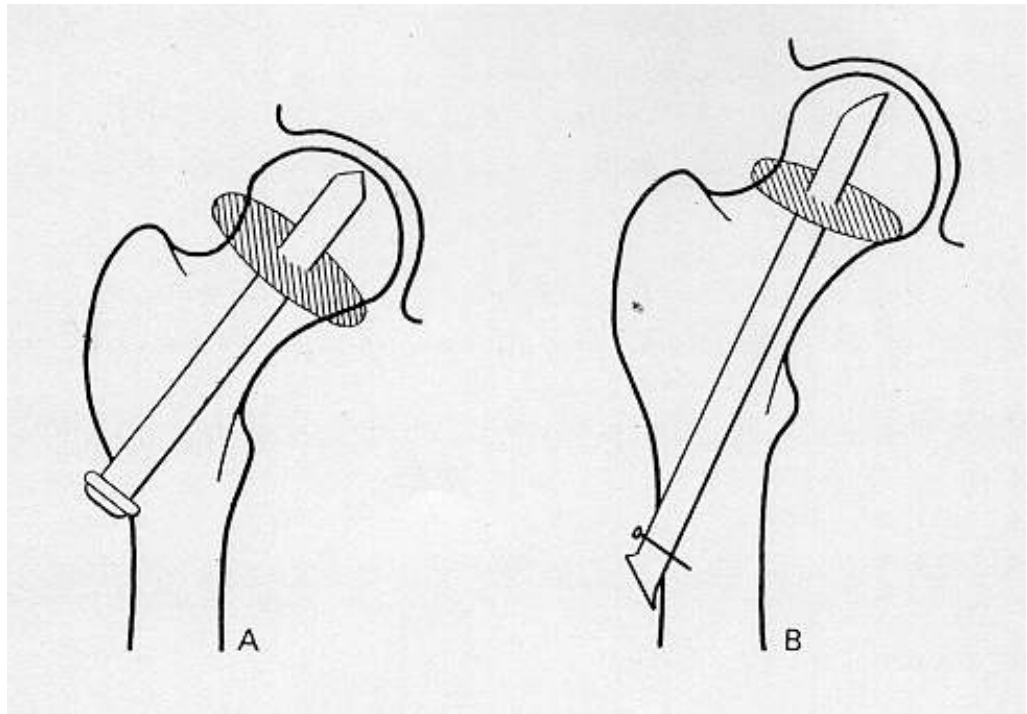
Stupeň stability určuje podle stupně roztržení a možnosti rekonstrukce mediálního nosného pilíře, tzn. podle velikosti možného výsledného defektu v oblasti malého chocholíku a Adamsova oblouku. Tito autoři vymezují ještě specifickou skupinu, kterou tvoří zlomeniny u starých lidí s těžkou osteoporózou. Význam této klasifikace je v doporučení léčebného postupu.

Vzhledem k variabilitě průběhu lomných linií při zlomeninách trochanterického masivu je každá klasifikace určitou schématickou problematikou. V odborné literatuře je nejčastěji citována klasifikace AO, u které jsou diskutabilní některé pojmy, avšak která je z popisného hlediska nejdetailnější. V této práci byla pozornost soustředěna na zlomeniny pertrochanterické, tedy zlomeniny typu 31A1 a 31A2 podle AO klasifikace.

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. Problémem konzervativní léčby je jednak obtížná repozice, a dále pak zejména účinná dlouhodobá retence reponovaných fragmentů [5]. Ty jsou dislokovány tahem svalů gluteálních, m. iliopsoas a tahem m. quadriceps femoris a hamstringů. Typickým obrazem je potom proximalizace velkého trochanteru, medializace a proximalizace malého trochanteru a obvykle proximalizace a zevněrotační postavení díiafyzárního fragmentu. Kyčelní kloub je obvykle ve varózním postavení a končetina zkrácená. Konzervativní léčba spočívající v Kirschnerově extenzi vyžaduje velký protitah k udržení jednotlivých fragmentů v příznivém postavení. Léčení extenzí trvá minimálně 6-8 týdnů. Vzhledem k tomu, že se jedná většinou o pacienty vyšších věkových kategorií, je tato léčba zatížená 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].

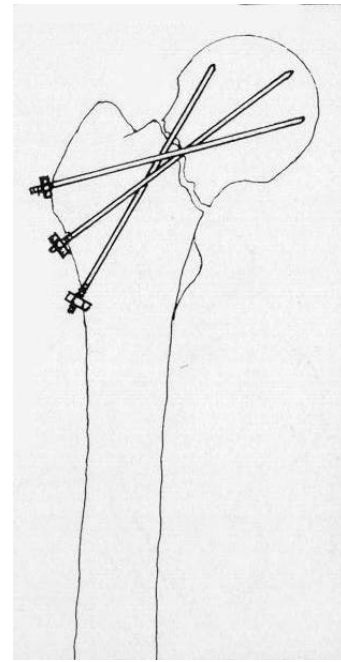
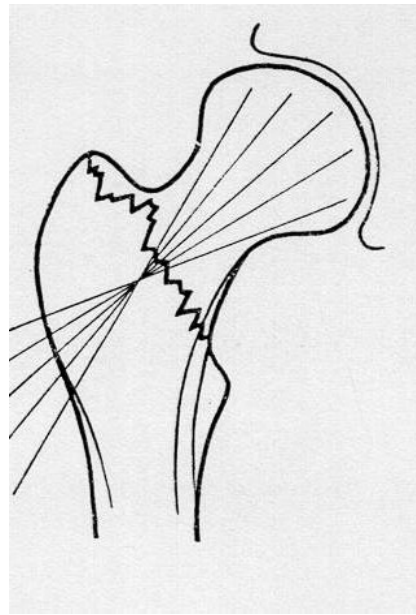
V roce 1932 a 1934 navrhli nezávisle na sobě ***Jerusalem*** [66] a ***Johannson*** [71] zavřený způsob osteosyntézy. Otevřená repozice má oproti zavřené tyto nevýhody: vyšší letalitu, větší zatížení pro zraněného, vyšší pravděpodobnost infekce a větší výskyt posttraumatických artróz a nekróz hlavice. Při této osteosyntéze byl používán trojlamelový hřeb s centrálním kanálkem pro vodící drát, který byl po repozici fraktury zavrtán z oblasti distálně od baze velkého trochanteru do hlavice femuru. K osteosyntéze tohoto typu se nejčastěji používal hřeb Smith-Petersenův (obr. 3.4.1).



Obrázek 3.4.1. **Smith – Petersenův hřeb**

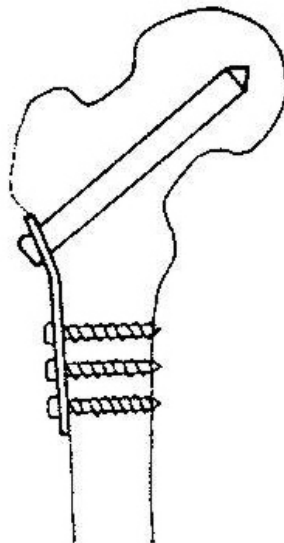
V původní *Smith-Petersenově* metodě se po správné repozici sestaví podle rentgenového snímku plán příští operace [119]. Na rentgenovém obraze se určí, ve kterém místě bude hřeb zaveden a úhломěrem se zjistí, o jaký úhel bude osa hřebu uchýlena od diafýzy kosti stehenní. Poté je zaveden do kosti vodící drát a ve směru přesně určeném úhломěrem se postupuje skrze trochanterický masiv, krček až do hlavice stehenní kosti. Na vodícím drátu je zaveden Smith-Petersenův hřeb, správně položený hřeb je uložen ve středu hlavice, od chrupavky kloubní vzdálen 3 – 6 mm, a po vytažení vodícího drátu jsou údery kladiva na kost v okolí hřebu sraženy fragmenty k sobě.

V roce 1936 publikovali *Dyas a Aries* [37] návrh k fixaci úlomků pertrochanterických zlomenin použit svazek Kirschnerových drátů (obr. 3.4.2). Tato metoda spočívá při pouhém místním znecitlivění v zavedení několika, obvykle 5-7 Kirschnerových drátů pod různým úhlem tak, aby se dráty křížily pod místem lomu. Ukázalo se však, že tato metoda, přes některé modifikace, nedává dostatečnou stabilitu, a proto se od ní upustilo.



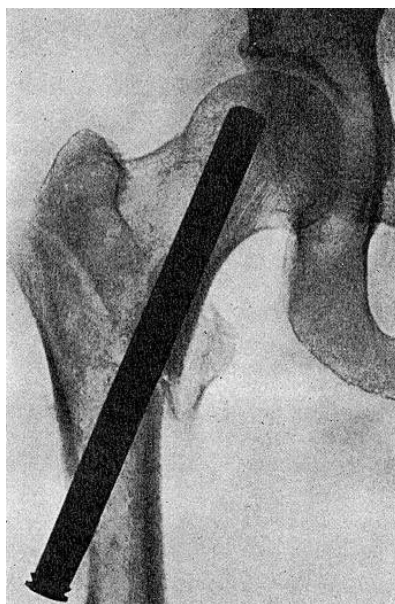
Obrázek 3.4.2. **Metoda Dyase a Ariese**

V roce 1937 modifikovali Smith-Petersenův hřeb přidáním kovové destičky (dlahy) přiložené a přišroubované pevně k diafýze femuru *McLaughlin* [90] a *Thornton* [125] (obr. 3.4.3).



Obrázek 3.4.3. **Modifikovaný Smith – Petersenův hřeb dlahou**

Obměnou Smith-Petersenova hřebování je také stabilizace pomocí *Hafnerem* popsanou metodou použití mimořádně strmě zavedeného Küntscherova hřebu (obr. 3.4.4) [52]. Metoda vycházela z Küntscherova principu tří opěrných bodů [79]. Třetím opěrným bodem je v tomto případě část Adamsova oblouku distálního fragmentu. Pokud tento důležitý opěrný bod chybí a metoda je přesto použita, dojde k dislokaci fragmentů do varozity. Novinkou bylo také použití závrtného šroubu *Hendersonem* (obr. 3.4.5) [54].

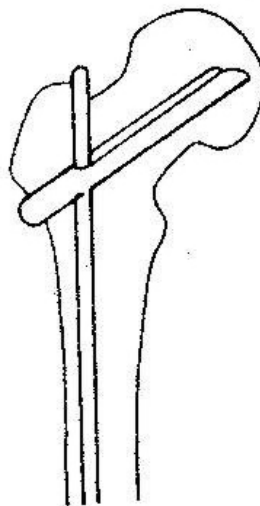


Obrázek 3.4.4. Mimořádně strmý Küntscherův hřeb



Obrázek 3.4.5. Hendersonův závrtný hřeb

V roce 1940 vypracoval a do praxe zavedl manuál nitrodřeňového hřebování **Küntschera** [14, 79]. Klasický způsob nitrodřeňového hřebování podle Küntschera se provádí zavřenou metodou (obr. 3.4.6). Výhodou je kromě výše uvedených pozitiv zavřeného způsobu osteosyntézy také výborná stabilita fixace.



Obrázek 3.4.6. Nitrodřeňové hřebování dle Küntschera

V roce 1950 publikoval **Lezius** metodu, kdy zaváděl ohnutý hřeb z mediální strany stehna přes krajinu trochanterickou, krček až do hlavice (obr. 3.4.7) [85]. Metoda vytvořila dostatečně stabilní strukturu, ale náročnost na technické provedení byla extrémní.



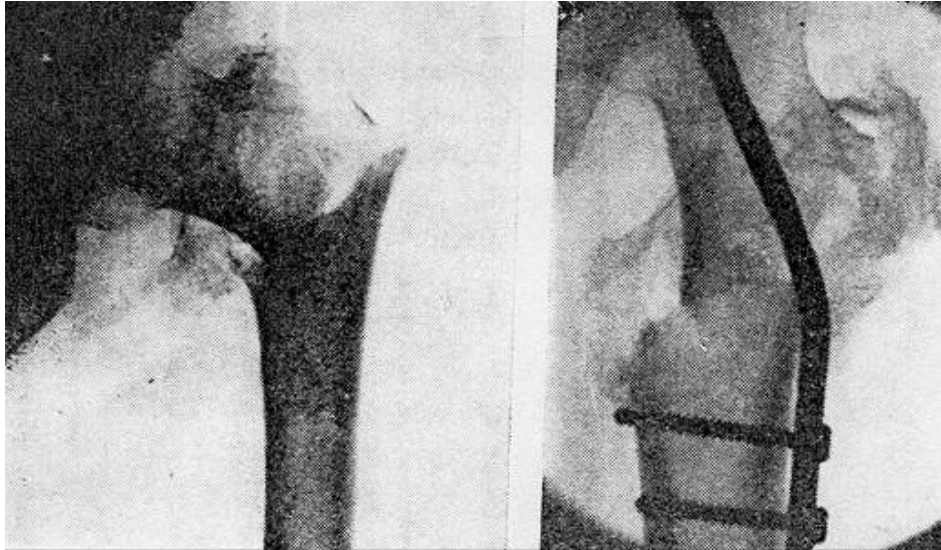
Obrázek 3.4.7. Ohnutý trochanterický hřeb dle Leziuse

V roce 1941 navázal na McLaughlinovu modifikaci třílamelového hřebu *Jewet* a vytvořil hřeb s dlahou, ale již z jednoho kusu (obr. 3.4.8) [69]. Zkušenosti publikoval v roce 1952 [70].



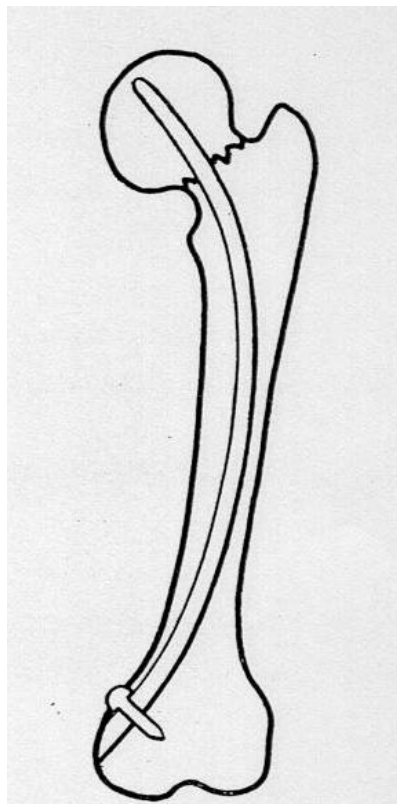
Obrázek 3.4.8. Jewetův hřeb s dlahou

V roce 1959 publikoval *Krotschek* metodu použitelnou u tříštivých a nestabilních pertrochanterických zlomenin [77]. Krotschek dokázal, že bez valgizace a medializace fragmentu nemůže žádný osteosyntetický materiál zabezpečit trvalou stabilitu zlomeniny až do jejího zhojení. Tento postup zdokonalil roku 1973 *Dimon* (obr. 3.4.9) [30] a *Povacz* [111]. Fragmenty byly fixovány mírně ohnutou dlahou (160 – 170°), která byla zatlučena přes lomnou linii do krčku a přečnávající část dlahy byla přišroubována k laterální ploše diafýzy femuru.



Obrázek 3.4.9. Osteosyntéza dle Dimona

V roce 1965 *Küntscher* zavedl skrz mediální kondyl femuru do hlavice ohnutý tzv. trochanterický hřeb (obr. 3.4.10) [80, 81, 127].



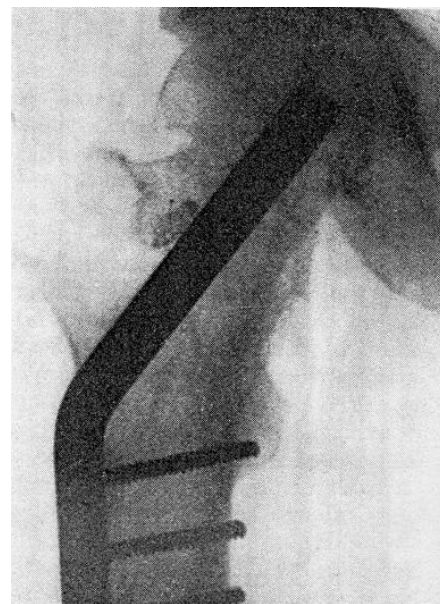
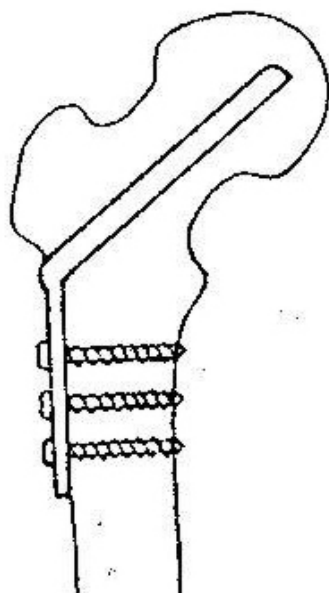
Obrázek 3.4.10. Ohnutý trochanterický hřeb (Typovský)

V roce 1968 *Simon-Weidner* [117] a po nich *Ender* [38] modifikovali Hackethalovu metodu hřebování svazkem tenkých hřebů pro použití v krajině proximálního femuru (obr. 3.4.11). Ender spojil myšlenky Küntschera a Hackethala a přes kortikális nad vnitřním kondylem stehenní kosti zaváděl několik dlouhých tenkých hřebů až do krčku kosti stehenní.

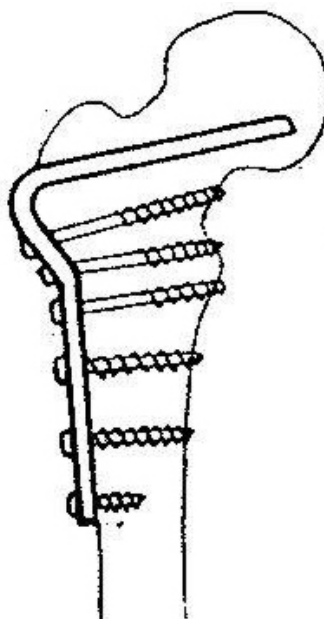


Obrázek 3.4.11. Hřebování dle Endera

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 (obr. 3.4.12) a u intertrochanterických a subtrochanterických zlomenin používat 95° kondylární dlahu (obr. 3.4.13).



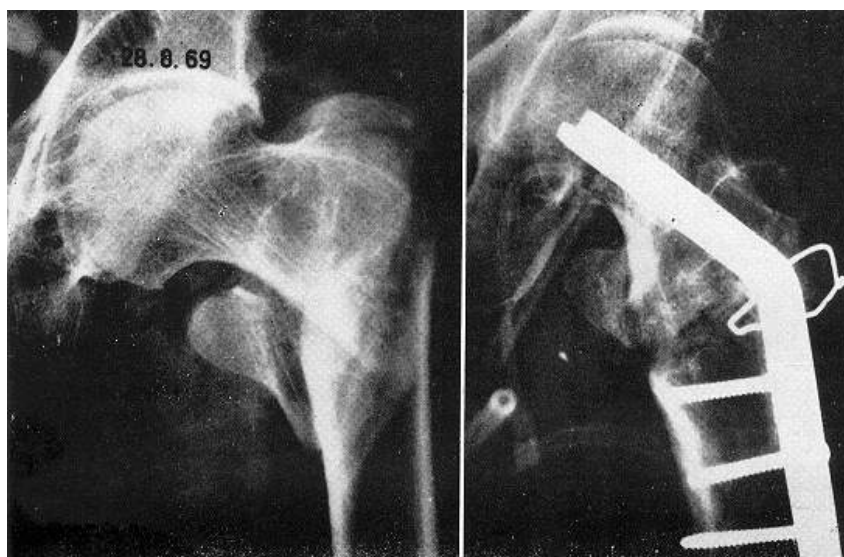
Obrázek 3.4.12. Použití 130° úhlové dlahy



Obrázek 3.4.13. Použití 95° úhlové dlahy

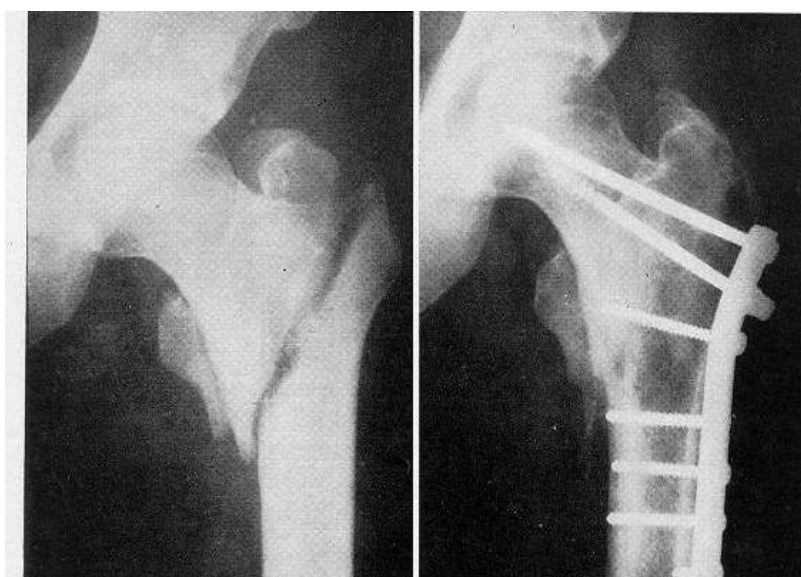
Roku 1969 navrhli *Debrunner a Čech* pro tříštivé pertrochanterické zlomeniny novou metodu, a to valgizující osteotomii s klínovitou resekci roztříštěné porotické části trochanterického masivu, čím bylo dosaženo dostatečně stabilní podpěry kortikálních ploch Adamsova oblouku i bez medializace fragmentů [29]. Po tomto výkonu úlomky fixovali

130° úhlovou dlahou, kterou zavádějí z horní části krčku do baze hlavice femuru (obr. 3.4.14).



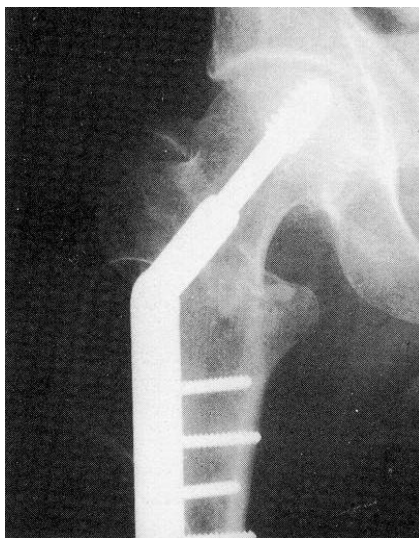
Obrázek 3.4.14. Valgizující osteotomie s klínovitou resekčí podle Debrunera a Čecha

U mladých pacientů používali speciální T dlahu pro pertrochanterické zlomeniny, přes kterou zaváděli tři tahové šrouby do hlavice a Adamsova oblouku. Tímto způsobem dostávali fragmenty k sobě a poté dlahu stabilizovali kortikálními šrouby do diafýzy femuru (obr. 3.4.15). Své poznatky a zkušenosti shrnuli v roce 1982 [27].



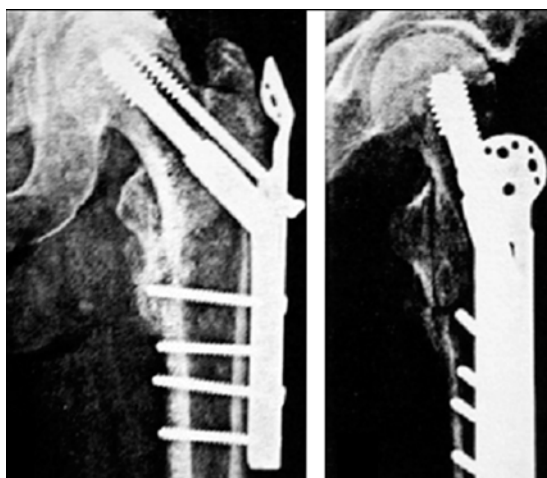
Obrázek 3.4.15. T dlahu pro pertrochanterické zlomeniny podle Debrunera a Čecha

Dnes nejpoužívanějším osteosyntetickým materiálem ke stabilizaci pertrochanterických zlomenin je **DHS – dynamic hip screw** (obr. 3.4.16).



Obrázek 3.4.16. **Dynamic hip screw – DHS hřeb**

Můžeme rozlišit několik typů podle délky dlahy, fixující šroub k diafýze femuru. Podle dislokace a stability fraktury může se operátor rozhodnout také pro dlahu dlouhou nebo krátkou. DHS je také možné použít v několika variantách podle velikosti úhlu dlahy. Při odtržení trochanter major je možno navíc použít k této sadě podpěrnou dlahu (3.4.17). Osteosyntéza DHS je v současné době považována za metodu volby u stabilních pertrochanterických zlomenin [113].

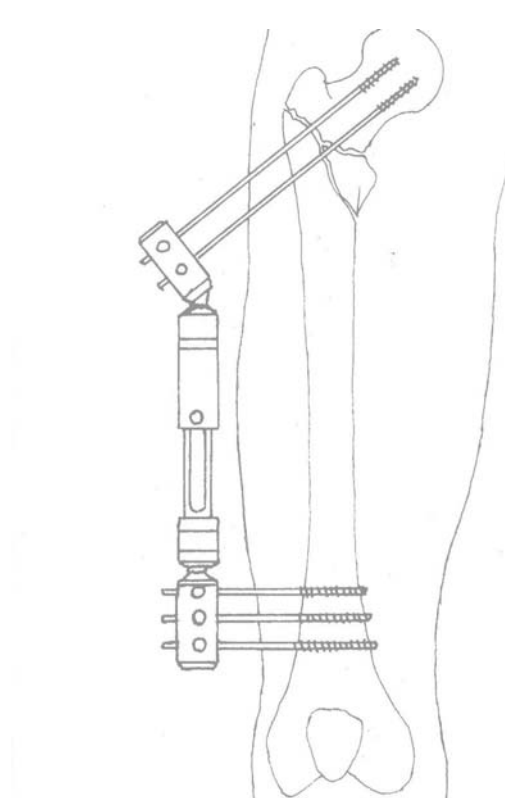


Obrázek 3.4.17. **DHS s podpěrnou dlahou**

Další možností, zejména v případě odlomení celé crista intertrochanterica a nejisté stabilitě zlomeniny, je použití *proximal femoral nail PFN* (obr. 3.4.18) [116] či proximálního femorálního hřebu domácí provenience. Tento hřeb vzhledem ke svému intramedulárnímu zavedení má lepší biomechanické vlastnosti, pro které jej lze využít i u nestabilních pertrochanterických zlomenin. Na výběr jsou opět různé varianty podle délky a tloušťky hřebu a podle úhlu zavádění krčkových šroubů.



Obrázek 3.4.18. **Proximal femoral nail**
– PFN



Obrázek 3.4.19. **Zevní fixace při otevřených trochanterických zlomeninách (McRae)**

V případě, že zlomenina je otevřená, je možná volba *Schanzových šroubů* v kombinaci *se zevním fixátérem* (obr. 3.4.19) [91].

4. METODIKA

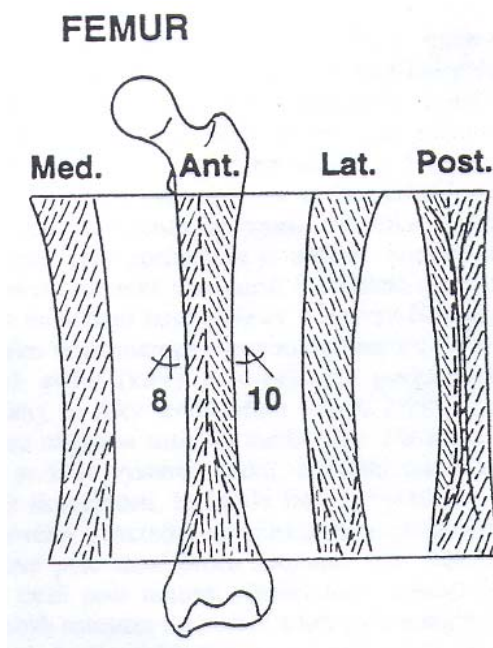
4.1. Makroskopická pitva svalových úponů v oblasti trochanterického masivu femuru

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*.

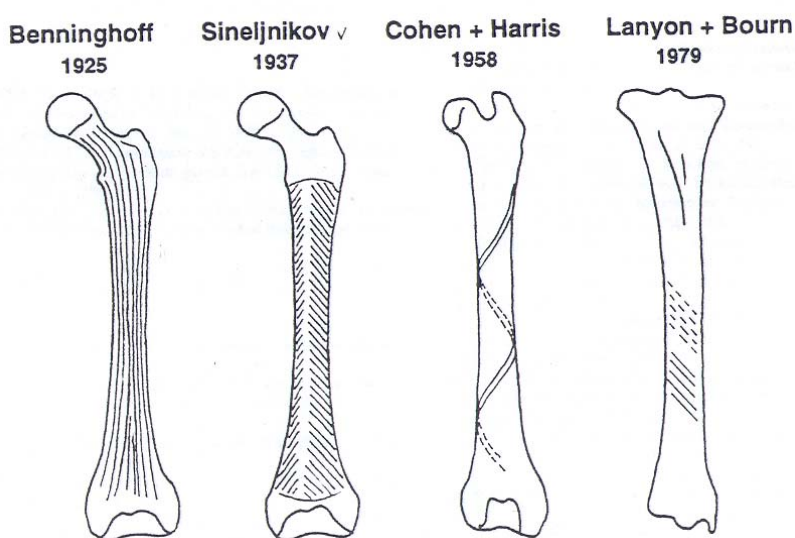
4.2. Výbrusy centrálních cévních kanálů v haverské kosti proximálního konce femuru – zobrazení osteonů

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 štěrbinu 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 (obr. 4.2.1, 2) [11, 20, 57, 84,118] a s průběhem jednotlivých typických lomných linií klasifikací petrochanterických zlomenin získaných z literatury [16, 29, 38, 39, 52, 55, 65, 82, 89, 97, 126, 129].



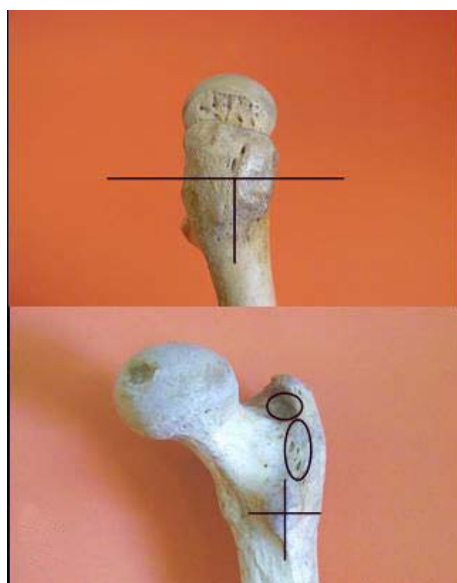
Obrázek 4.2.1. Průběh osteonů v diafýze femuru podle Heřta, Fialy a Petrtýla



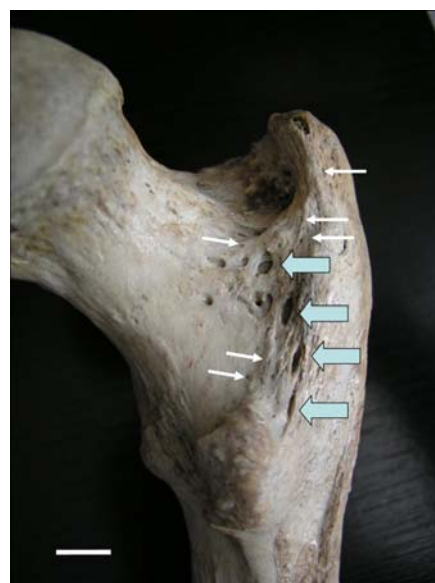
Obrázek 4.2.2. Zobrazení průběhu osteonů podle vybraných autorů

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* (obr. 4.3.1). Nalezené cévní otvory byly rozděleny do dvou skupin podle velikosti jejich průměru – větší a menší než jeden milimetr (obr. 4.3.2). 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.



Obrázek 4.3.1. Rozdělení zkoumaných oblastí



Obrázek 4.3.2. Detail cévních otvorů
<1mm bílá šipka, >1mm modrá šipka

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 $\hat{F}(x) = 0$

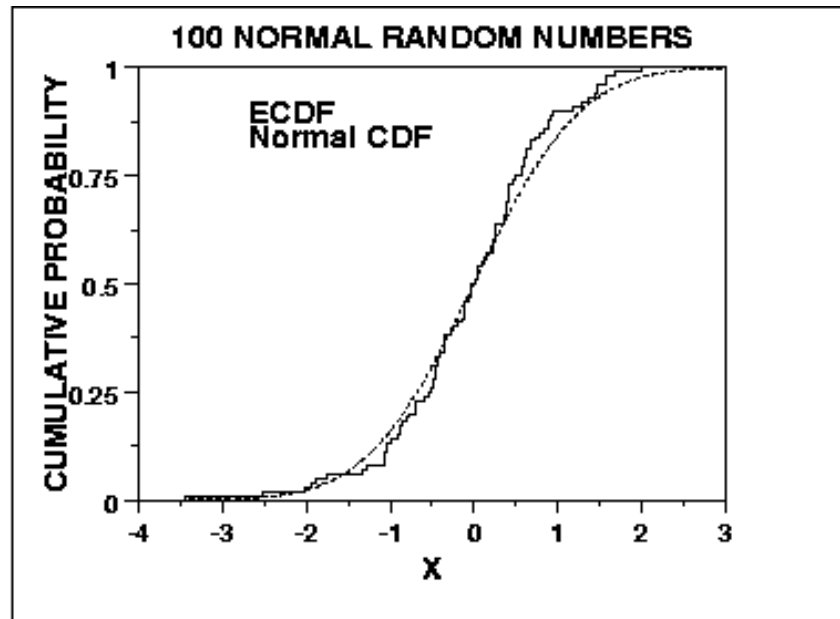
jestliže $x_i \leq x < x_{i+1}$, pak $\hat{F} = \frac{i}{n}$, pro $i = 1, 2, \dots, n-1$

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 $D > D_\alpha$, ($p <$ jako námi požadované α), kde D_α 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 $D < D_a$, 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 (obr. 4.4.1) a zanesena do schématu proximálního femuru.



Obrázek 4.4.1. Příklad RTG snímku pertrochanterické zlomeniny

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 (obr. 4.4.2.a, b, c, d, e).

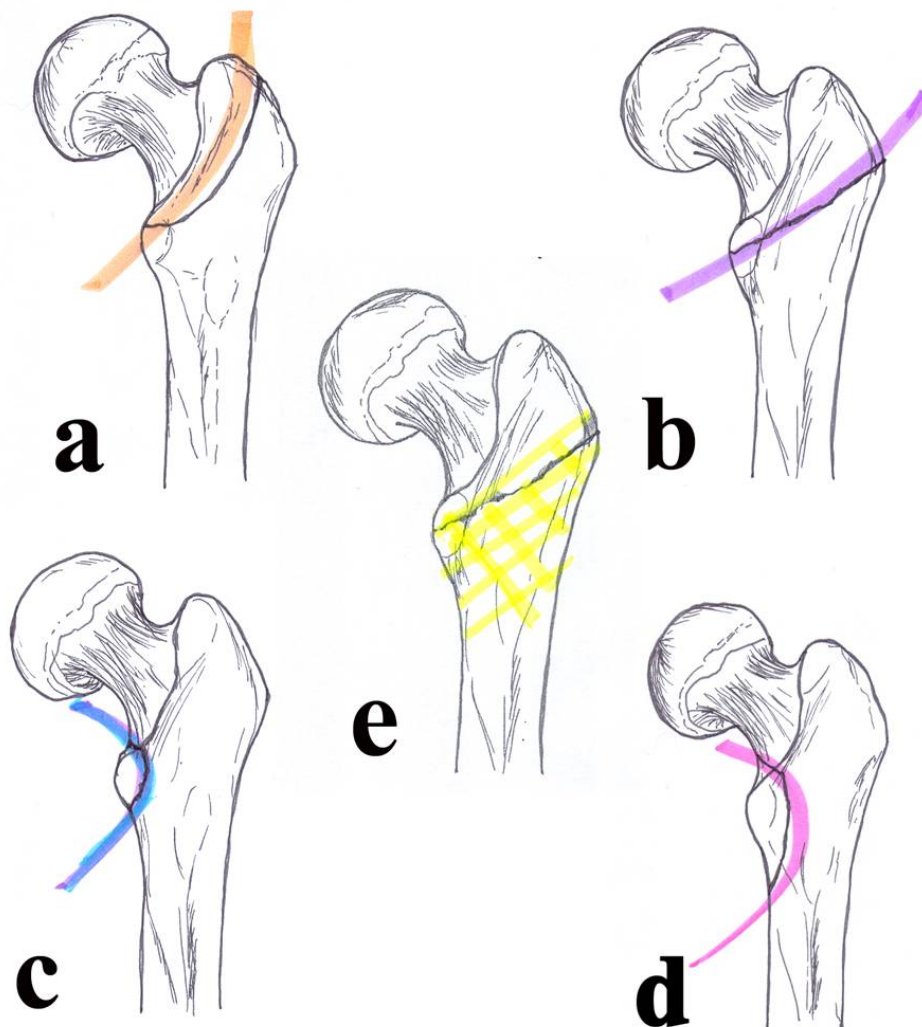


Schéma 4.4.2. Skupiny hodnocených lomných linií

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 třídímní 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] -

$$E = 1904 \cdot \rho^{1,64} \quad (1)$$

$$\nu = 0,41$$

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

$$E_1 = 2314 \cdot \rho^{1,57} \quad E_2 = 2314 \cdot \rho^{1,57} \quad E_3 = 2065 \cdot \rho^{3,09}$$

$$G_{12} = \frac{G_{12max} \cdot \rho^2}{\rho_{max}^2} \quad G_{23} = \frac{G_{23max} \cdot \rho^2}{\rho_{max}^2} \quad G_{31} = \frac{G_{31max} \cdot \rho^2}{\rho_{max}^2} \quad (2)$$

$$\nu_{12} = 0,4 \quad \nu_{23} = 0,25 \quad \nu_{31} = 0,25$$

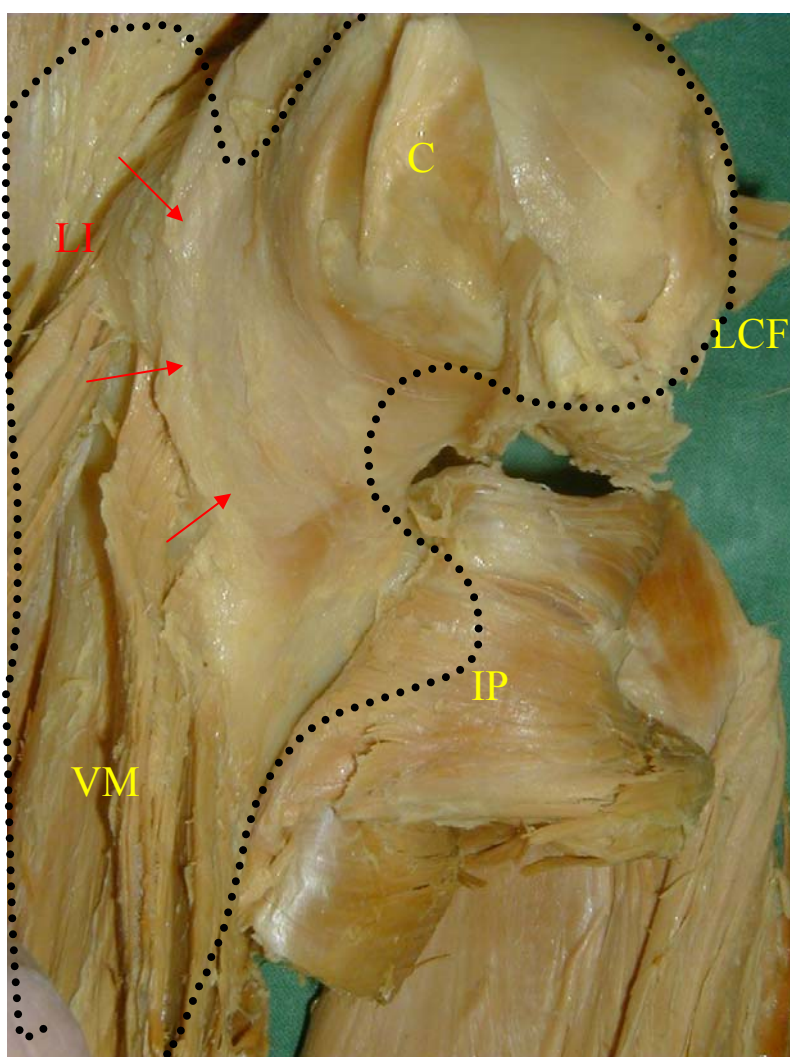
kde maximální hodnoty smykového napětí jsou $G_{12max} = 5,71$ MPa, $G_{23max} = 7,11$ MPa a $G_{31max} = 6,58$ MPa. Orientace materiálových vlastností kompaktní tkáně tak přímo kopírovala orientaci a distribuci osteonů v kostní tkáni kompakty. Model femuru byl zatížen soustavou vnějších sil, které odpovídají zatížení během chůze 80 kg vážícího muže ve fázi stoje na jedné noze. Pro tuto simulaci byly definovány pouze síly vznikající jako reakce na hlavici 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 hlavici 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 :

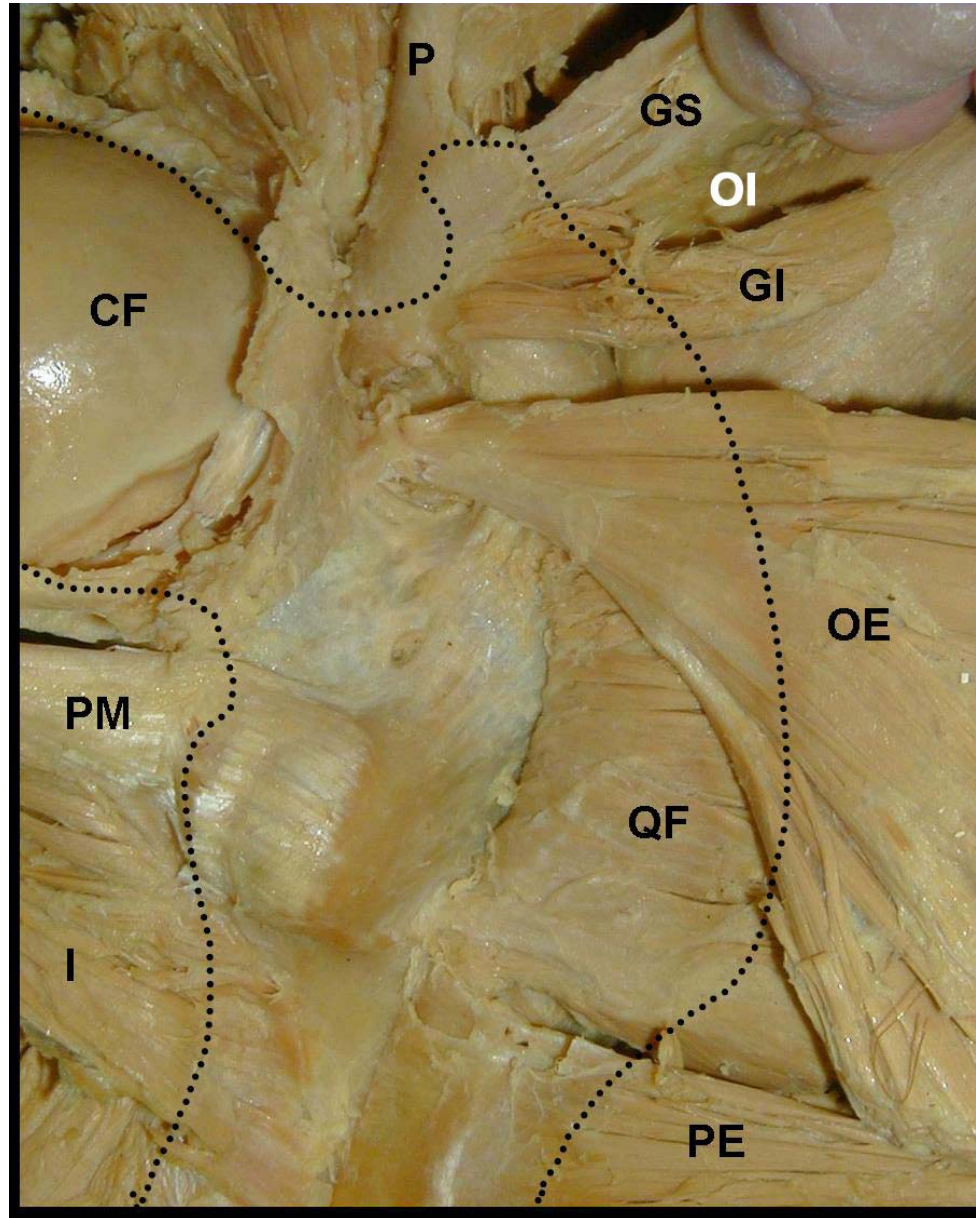
1. oblast *linea intertrochanterica* (obr. 5.1.1): proximálně podél celé *linea intertrochanterica* se upíná kloubní pouzdro kyčelního kloubu zesílené pomocí obou ramen *ligamentum iliofemorale*, distálně od ní začínají *musculi vasti medialis, lateralis et intermedius*.



Obrázek 5.1.1. Pohled na přední stranu proximálního konce femuru

C - caput femoris, LCF - ligamentum capitis femoris, IP - musculus iliopsoas, VM - musculus vastus medialis, LI - linea intertrochanterica, tečkovaná čára - silueta femuru, šipky ukazují úpon capsula articularis

2. oblast *crista intertrochanterica* (obr. 5.1.2): *musculus quadratus femoris* se zde upíná ve dvou porcích – okrouhlá na *tuberculum quadratum femoris* a podélná pokračuje distálně od předchozí.



Obrázek 5.1.2. **Pohled na dorzální stranu proximálního konce femuru**

P - *musculus piriformis*, GS - *musculus gemelus superior*, OI - *musculus obturatorius internus*, GI - *musculus gemelus inferior*, OE - *musculus obturatorius externus*, QF - *musculus quadratus femoris*, PE - *musculus pectineus*, I - *musculus iliacus*, PM - *musculus psoas major*, CF - *caput femoris*, tečkovaná čára - silueta femuru

Na vypitvaných preparátech jsme našli následující variace velikosti úponu *musculus quadratus femoris*: v 50 % případů zabírá okrouhlá porce jednu třetinu délky *crista intertrochanterica*, ve 20 % dvě pětiny délky, ve 20 % jednu čtvrtinu a v 10 % jednu pětinu délky *crista intertrochanterica* (tab. 5.1.1). Variabilita tohoto úponu podmiňuje proměnlivost velikosti nekryté distální části *crista intertrochanterica*. Zjistili jsme, že ve 30 % případů tvoří nekrytá část dvě pětiny celkové délky *crista intertrochanterica*, ve 20 % jednu pětinu (tab. 5.1.2).

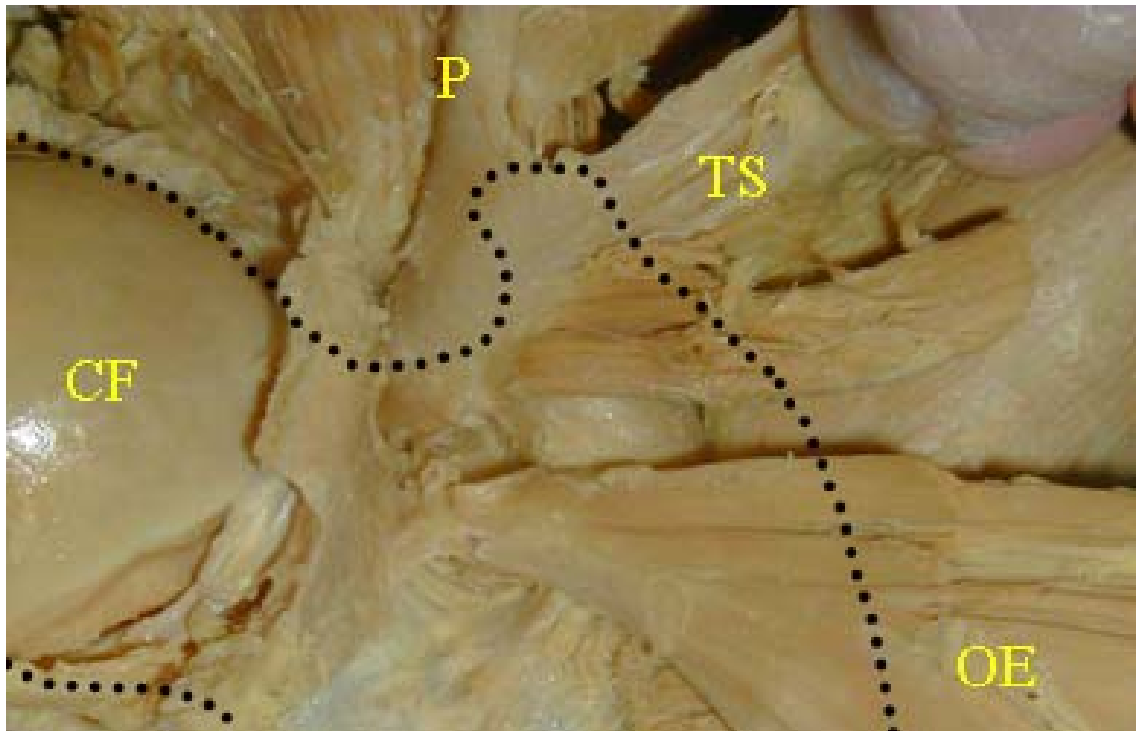
Tabulka 5.1.1.

Velikost úponu (%)	Počet případů
21	3
25	6
29	4
30	6
31	3
32	2
43	2
44	4

Tabulka 5.1.2.

Nekrytá délka (%)	Počet případů
12	3
17	3
23	4
24	2
30	3
35	3
38	4
42	5
44	3

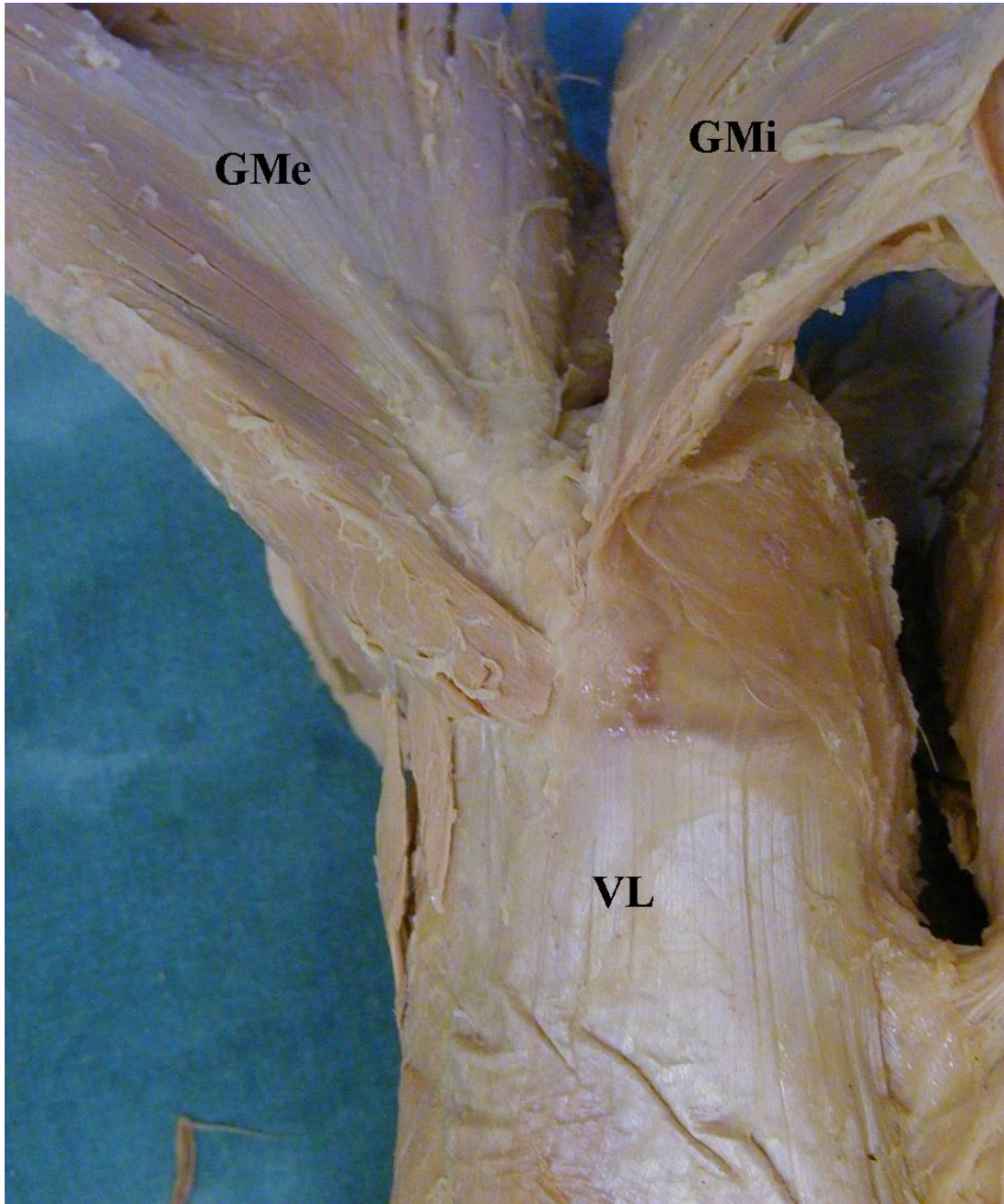
3. oblast *fossa trochanterica* (obr. 5.1.3): přímo do *fossa trochanterica* se upíná pouze *musculus obturatorius externus*. Šlachy *musculus obturatorius internus* a oba *musculi gemelli superior et inferior* se upínají nad tuto jámu, na ventromediální část dorsální strany *trochanter major*. Šlacha *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*.



Obrázek 5.1.3. **Pohled na oblast fossa trochanterica**

P - *musculus piriformis*, TS - *musculus triceps coxae*, OE - *musculus obturatorius externus*, CF - *caput femoris*, tečkovaná čára - silueta femuru

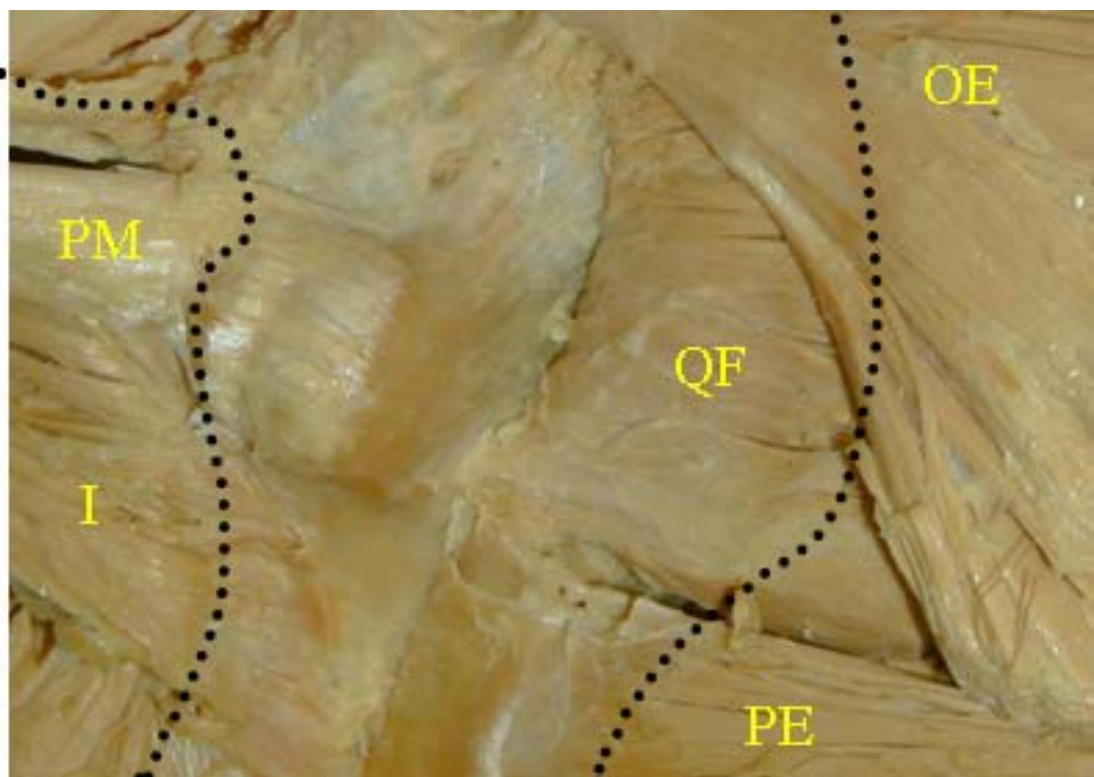
4. oblast *trochanter major* (obr 5.1.4): velký chocholík je dorzálně překryt svaly, které se na něj upínají v pořadí *musculus gluteus minimus* nejhlouběji na ventrální okraj, *musculus gluteus medius* ve střední vrstvě dorsálněji od předešlého a povrchově uloženým *musculus gluteus maximus* s úponem na *tuberositas glutea*.



Obrázek 5.1.4. Laterální pohled na oblast trochanter major

GMe - musculus gluteus medius, GMi - musculus gluteus minimus, VL - musculus vastus lateralis

5. oblast *trochanter minor* (obr. 5.1.5.): 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 obemyká 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*.

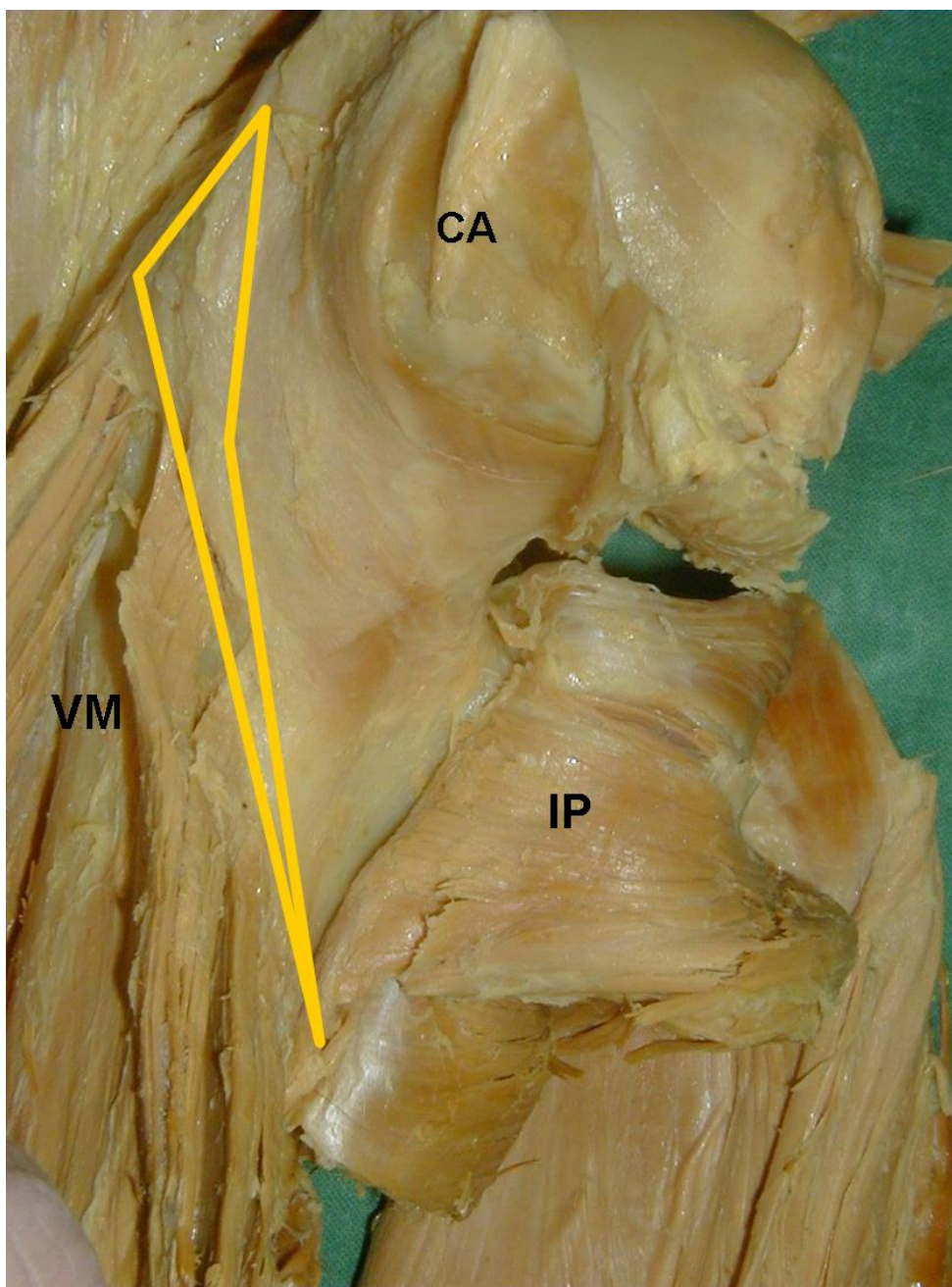


Obrázek 5.1.5. **Pohled na oblast trochanter minor**

OE - musculus obturatorius externus, QF - musculus quadratus femoris, PE - musculus pectineus, I - musculus iliacus, PM - musculus psoas major, tečkovaná čára - silueta femuru

Na vypitvaných preparátech jsme také identifikovali šest míst nekrytých žádnou svalovou ani vazivovou strukturou:

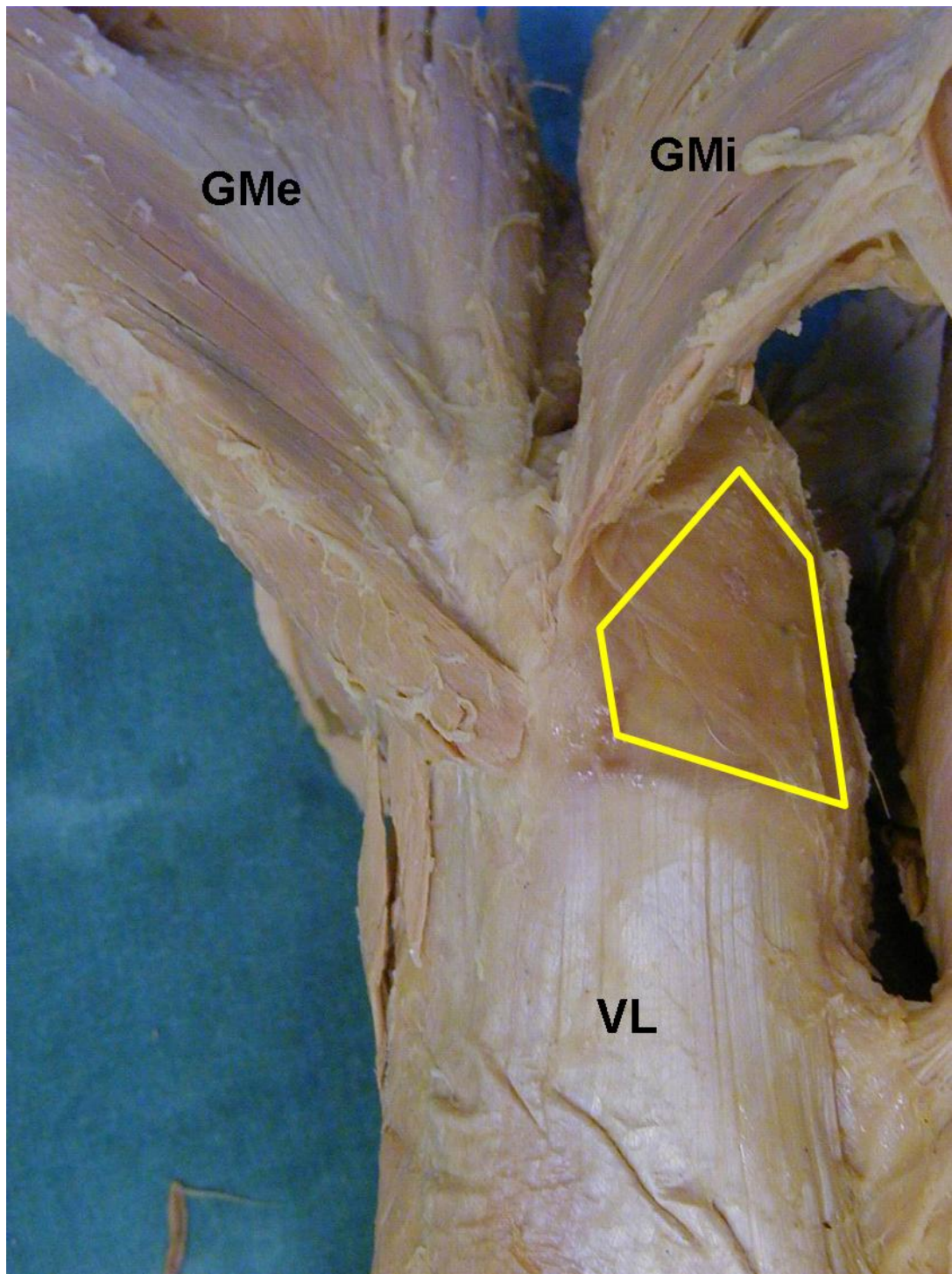
1. na ventrální ploše horního konce femuru je to místo distálně od úponu kloubního pouzdra na *linea intertrochanterica* (obr. 5.1.6)



Obrázek 5.1.6. Nekryté místo na ventrální straně proximálního femuru (čtyřúhelník)

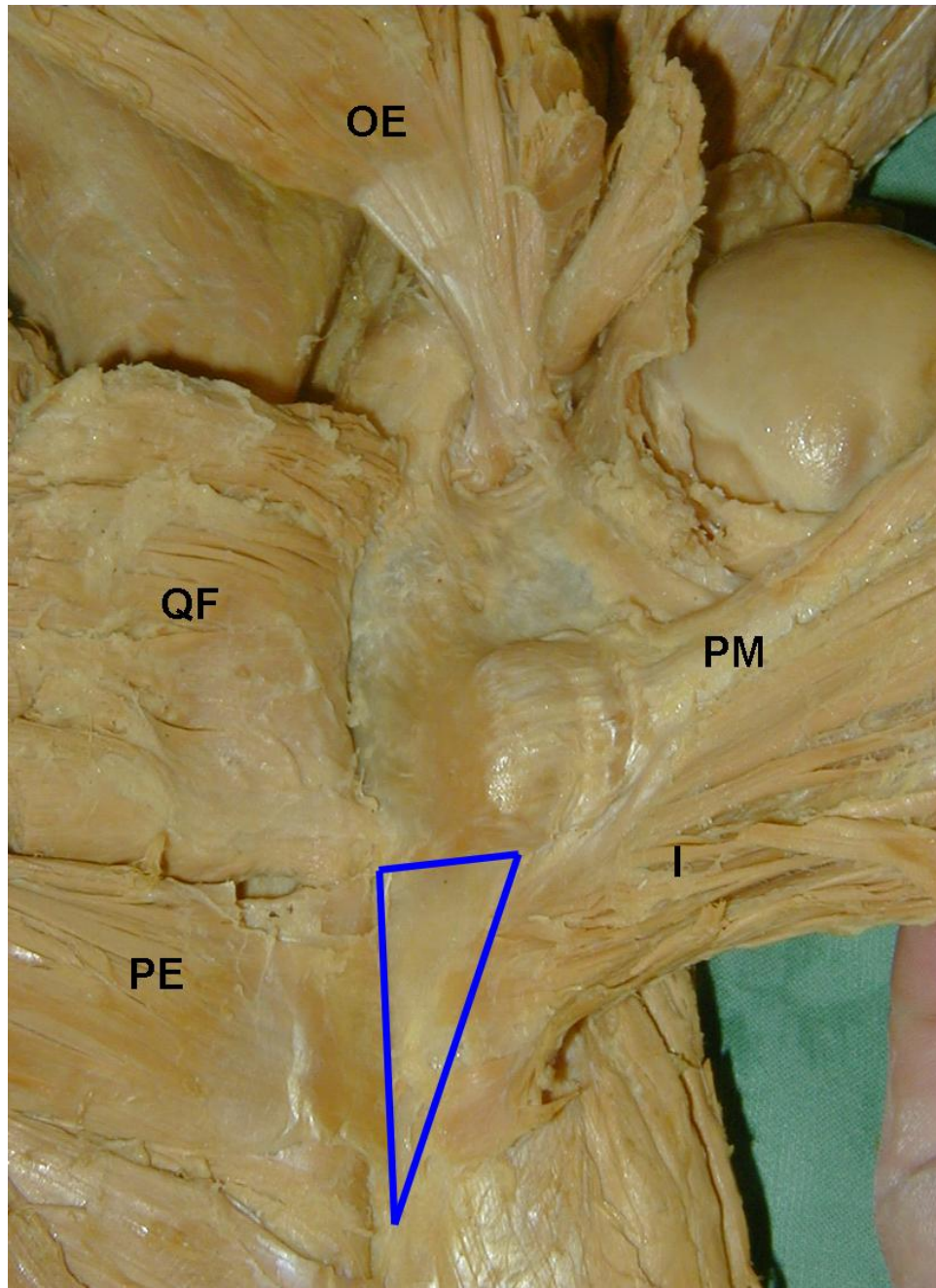
CA - capsula articularis, IP - musculus iliopsoas, VM - musculus vastus medialis

2. na laterální ploše místo při *tuberculum innominatum* proximálně od začátku *musculus vastus lateralis* (obr. 5.1.7)



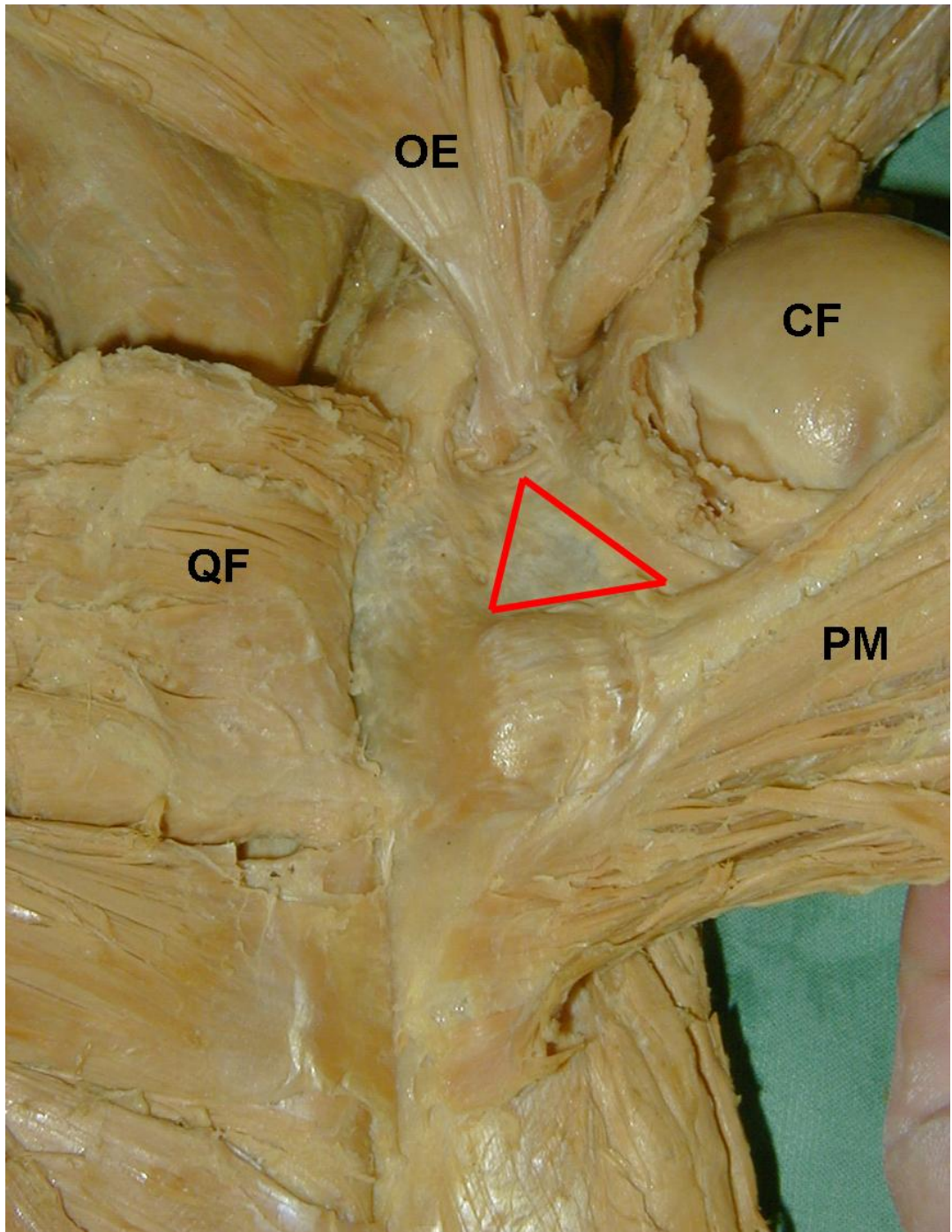
Obrázek 5.1.7. Nekryté místo na laterální straně proximálního femuru (pětiúhelník)
GMe - musculus gluteus medius, GMi - musculus gluteus minimus, VL - musculus vastus
lateralis

3. na dorsální ploše jsou to trojúhelník mezi úpony *musculus iliacus* a *musculus pectineus* (obr. 5.1.8)



Obrázek 5.1.8. Nekryté místo na dorsální straně proximálního femuru (trojúhelník)
OE - musculus obturatorius externus, PM - musculus psoas major, I - musculus iliacus,
PE - musculus pectineus, QF - musculus quadratus femoris

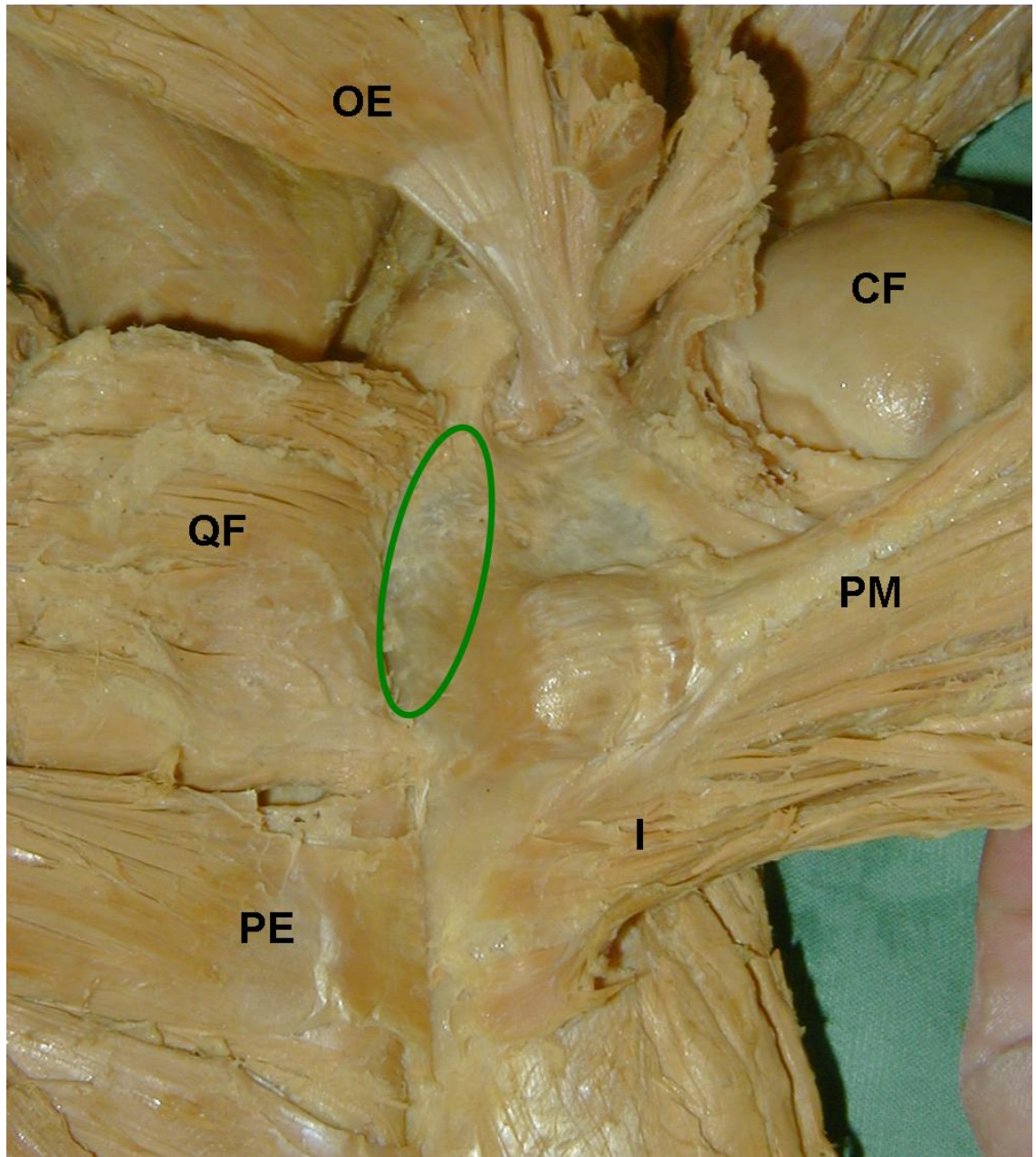
4. trojúhelníkové pole na dorsální ploše krčku femuru mezi kloubním pouzdem, *trochanter minor* a *crista intertrochanterica* (obr. 5.1.9)



Obrázek 5.1.9. **Nekryté místo na dorsální straně proximálního konce femuru**
(trojúhelník)

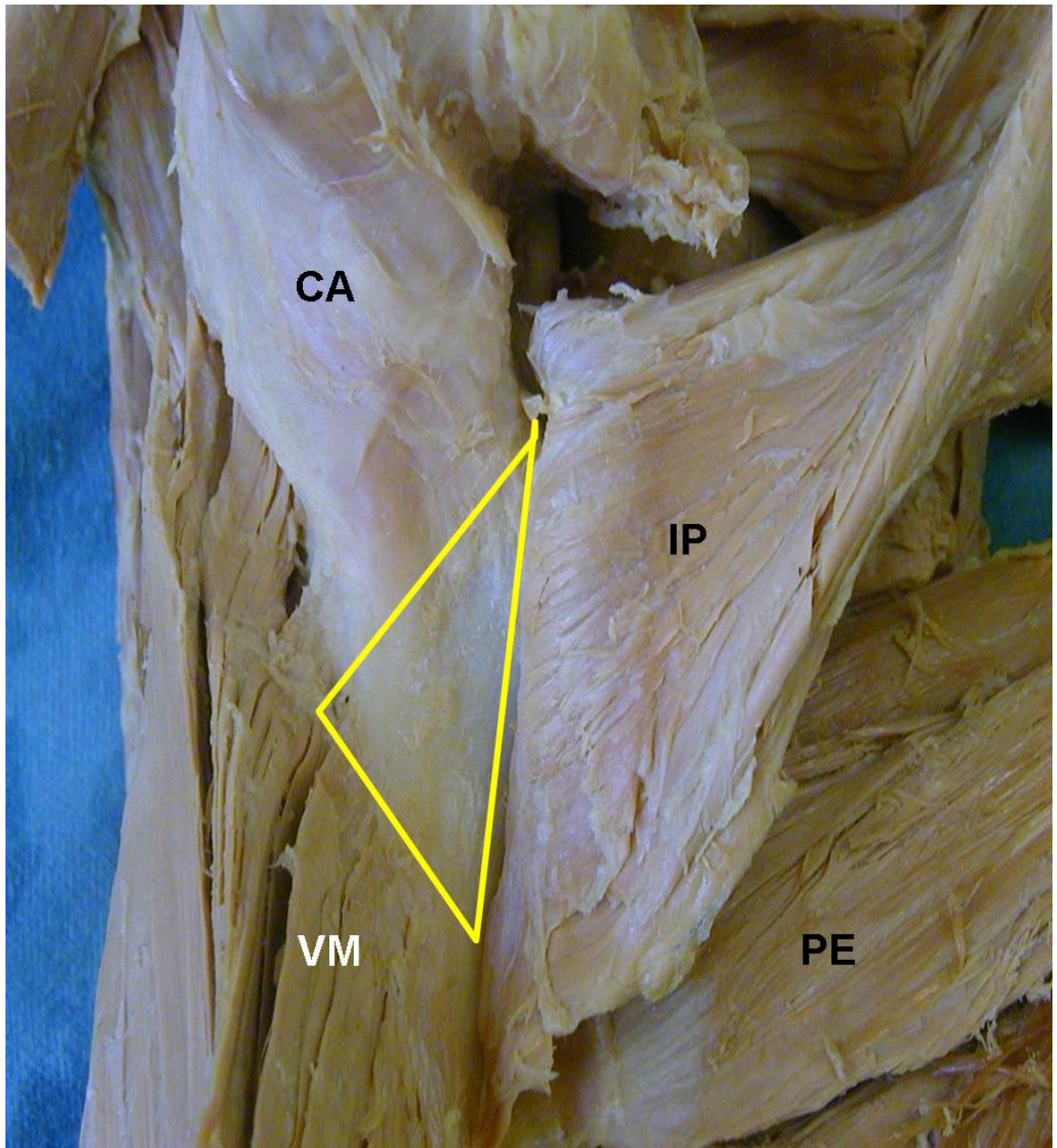
OE - musculus obturatorius externus, CF - caput femoris, PM - musculus psoas major,
QF - musculus quadratus femoris

5. oblast *crista intertrochanterica* distálně od úponu okrouhlé porce *musculus quadratus femoris* (obr. 5.1.10)



Obrázek 5.1.10. **Nekryté místo na dorsální straně proximálního femuru** (elipsa)
OE - musculus obturatorius externus, CF - caput femoris, PM - musculus psoas major,
I - musculus iliacus, PE - musculus pectineus, QF - musculus quadratus femoris

6. na mediální ploše oblast ve tvaru trojúhelníka mezi úpony *musculus iliopsoas*, *musculus vastus medialis* a *capsula articularis* (obr. 5.1.11)

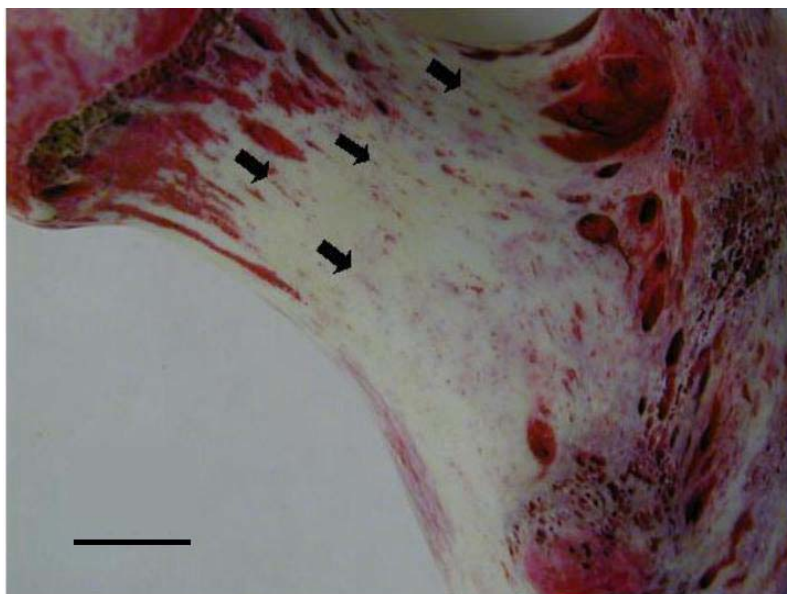


Obrázek 5.1.11. Nekryté místo na mediální ploše proximálního konce femuru
(trojúhelník)

CA - capsula articularis, IP - musculus iliopsoas, PE - musculus pectineus, VM - musculus vastus medialis

5.2. Zobrazení systémů osteonů v kortikální kosti proximálního konce femuru

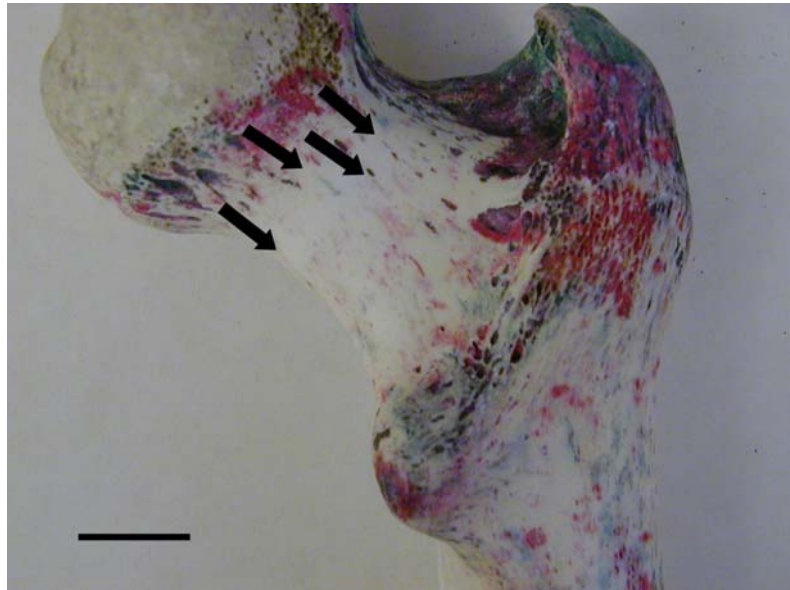
Na krčku femuru vytvářejí centrální cévní kanály haversky přestavěné kosti, tím i osteony, systémy probíhající rovnoběžně s podélnou osou krčku (obr. 5.2.1a, b, c, d).



Obrázek 5.2.1.a **Pohled na dorzální stranu collum femoris**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



Obrázek 5.2.1.b **Pohled na ventrální stranu collum femoris**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



Obrázek 5.2.1.c **Pohled na dorzální stranu collum femoris**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm

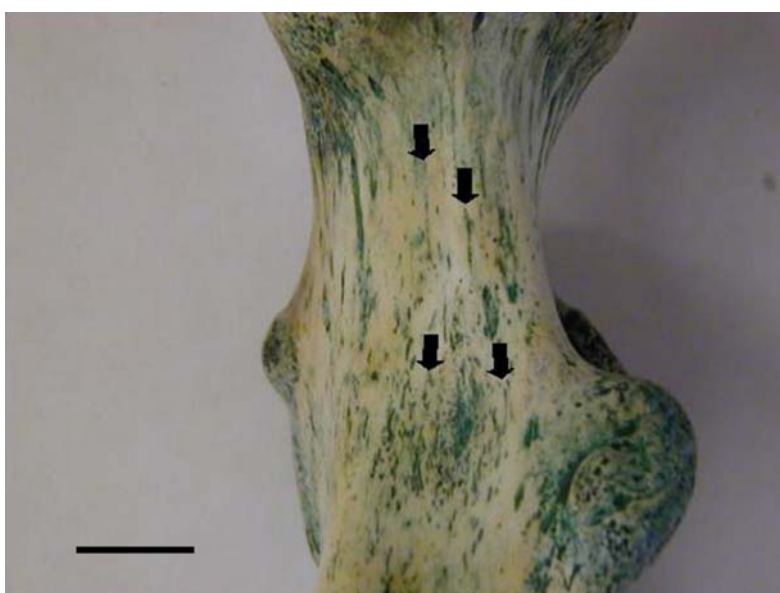


Obrázek 5.2.1.d **Pohled na dorzální stranu collum femoris**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm

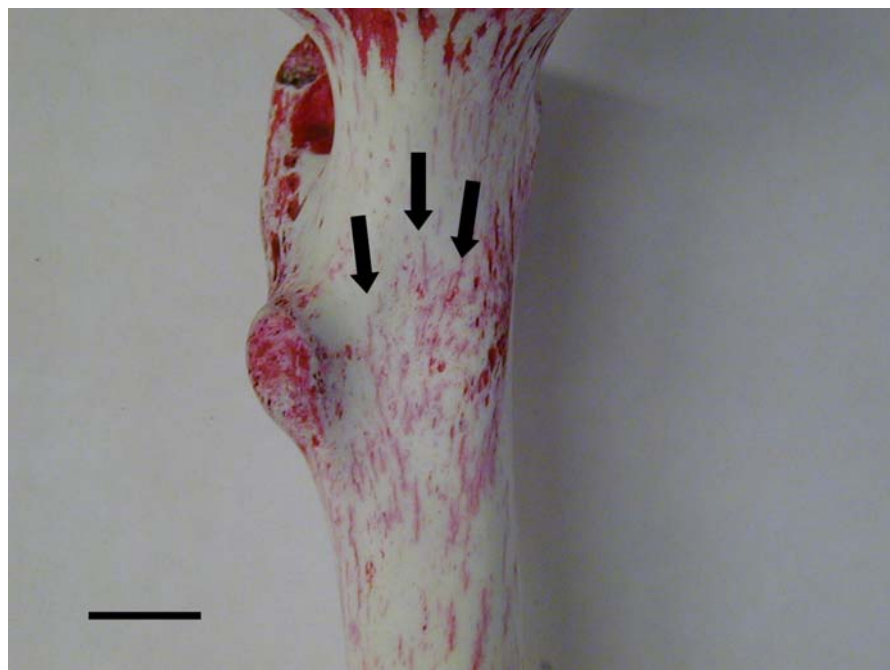
Oblast *trochanter minor* lze rozdělit do dvou částí. V kortikalis lemující ventromediální bazi malého chocholíku přecházejí osteony plynule z krčku femuru na diafýzu (obr. 5.2.2a, b, c). V kortikalis dorsolaterální oblasti *trochanter minor* vytvářejí osteony systém vějířovitě se rozbíhající od jeho vrcholu k bazi (obr. 5.2.3a, b, c, d).



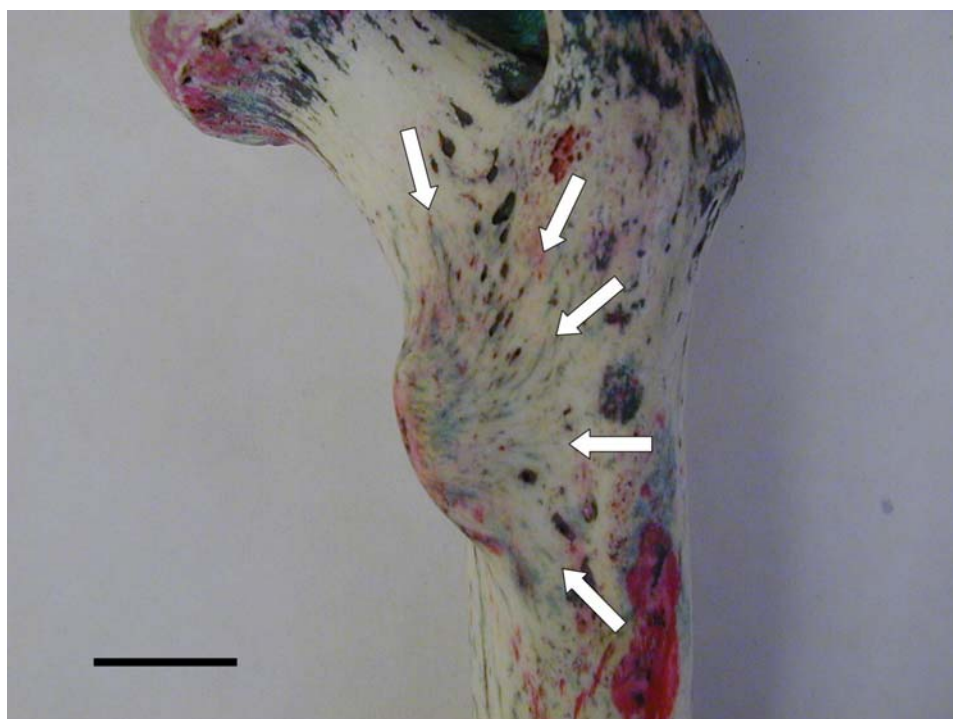
Obrázek 5.2.2.a Pohled na mediální stranu proximálního konce femuru v úrovni *trochanter minor*, šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



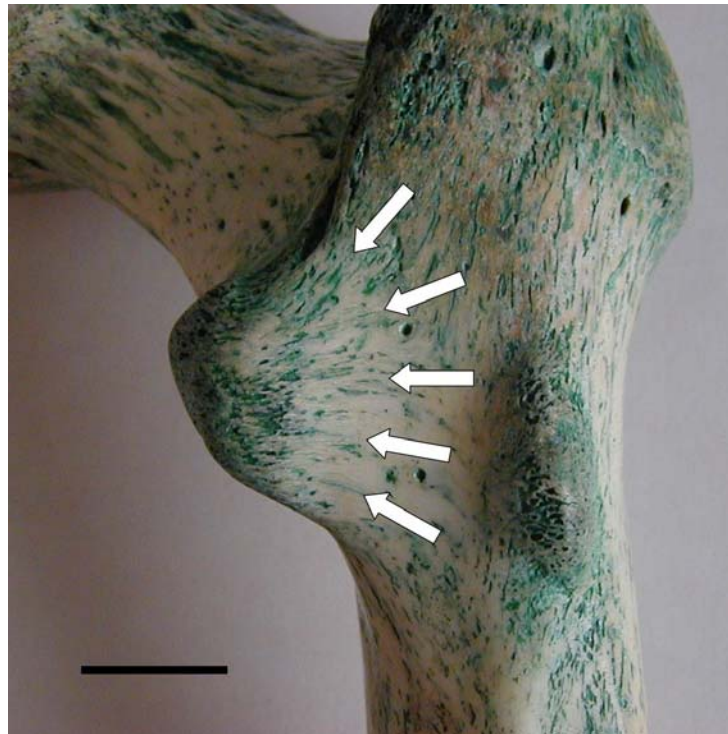
Obrázek 5.2.2.b Pohled na mediální stranu proximálního konce femuru v úrovni *trochanter minor*, šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



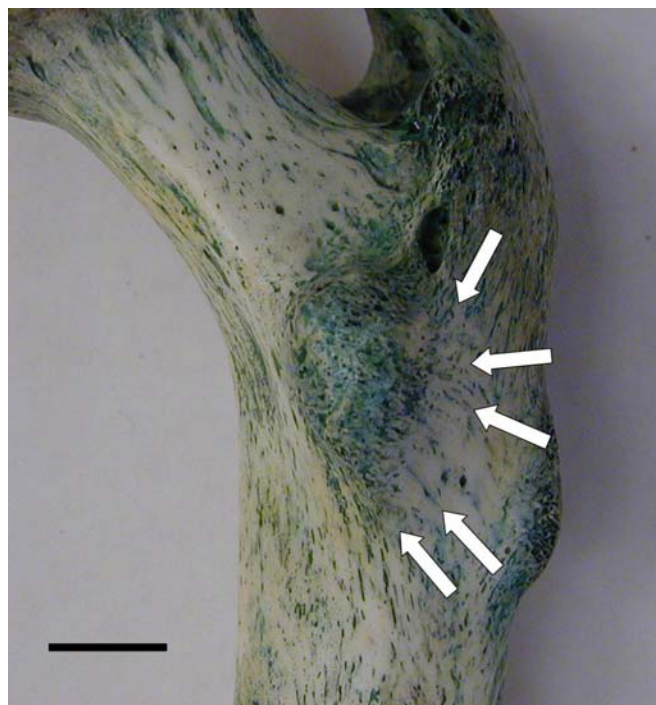
Obrázek 5.2.2.c **Pohled na mediální stranu proximálního konce femuru v úrovni trochanter minor**, šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



Obrázek 5.2.3.a **Pohled na dorsolaterální stranu trochanter minor**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



Obrázek 5.2.3.b **Pohled na dorsolaterální stranu trochanter minor**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm

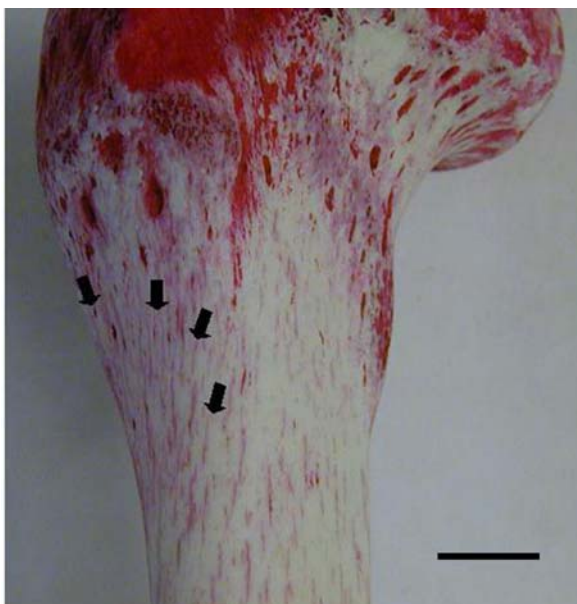


Obrázek 5.2.3.c **Pohled na dorsolaterální stranu trochanter minor**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



Obrázek 5.2.3.d **Pohled na dorsolaterální stranu trochanter minor**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm

V přední a anterolaterální části pod bází *trochanter major* jsme pozorovali deviaci osteonů laterodorsálním směrem – ve smyslu zevní rotace (obr 5.2.4a, b).



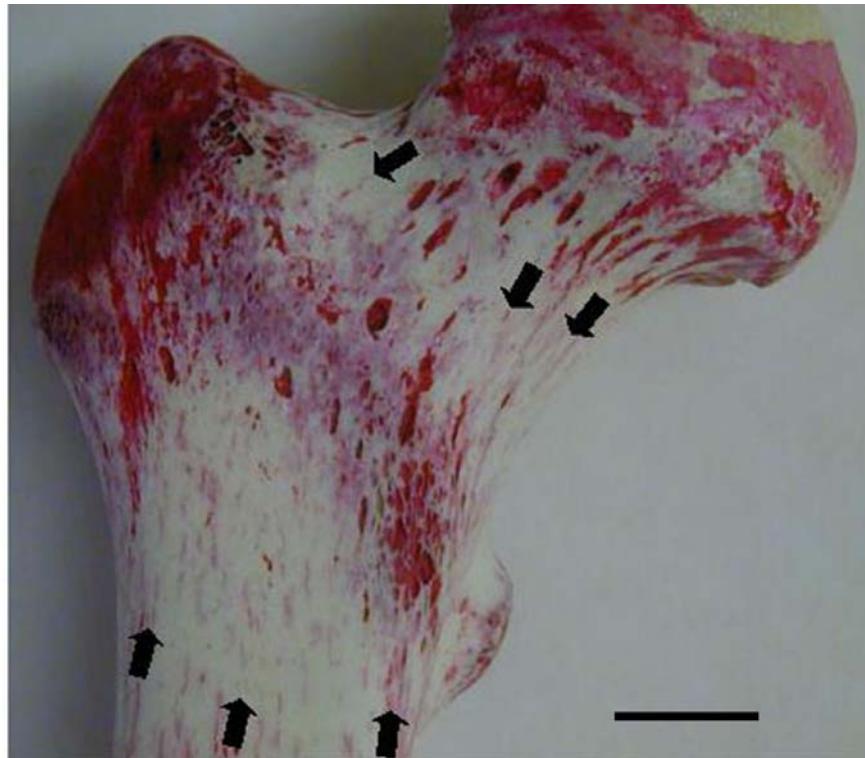
Obrázek 5.2.4.a **Pohled na anterolaterální stranu baze trochanter major**, šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



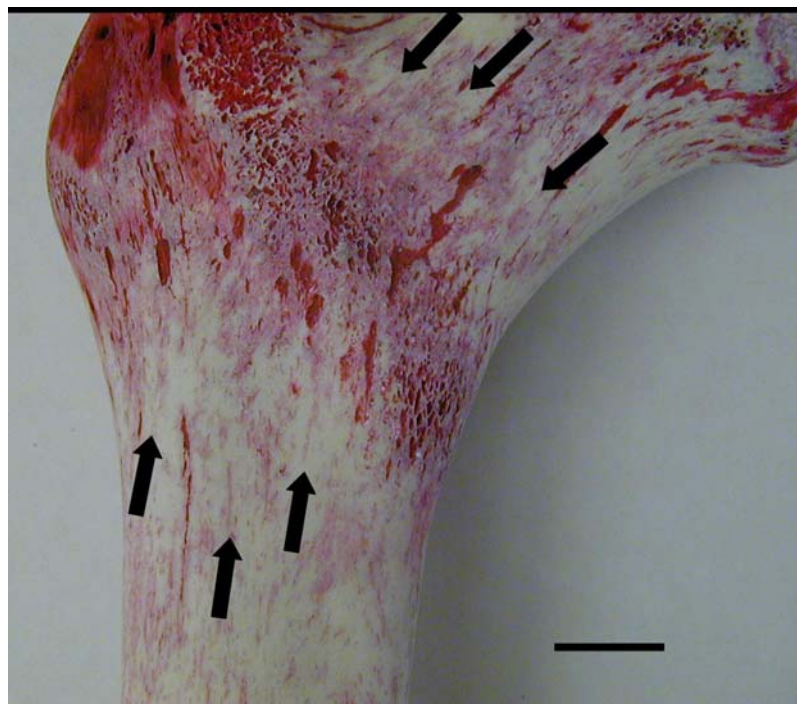
Obrázek 5.2.4.b **Pohled na anterolaterální stranu baze trochanter major**

šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm

V oblasti *linea intertrochanterica* vytvářejí osteony systémy plynule zaobleně přecházející z *collum femoris* na diafýzu (obr 5.2.5a, b).

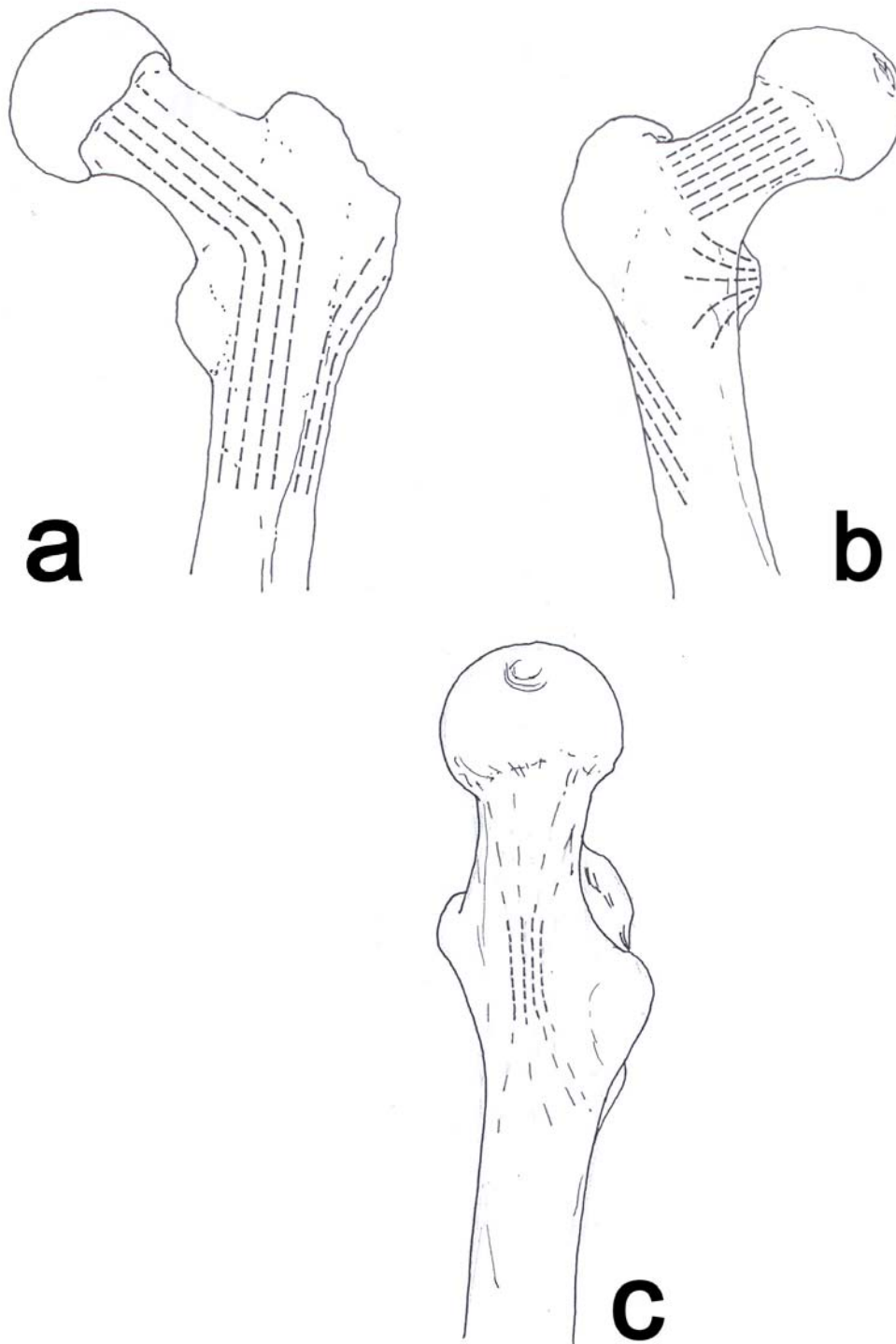


Obrázek 5.2.5.a **Pohled na ventrální stranu proximálního konce femuru**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm



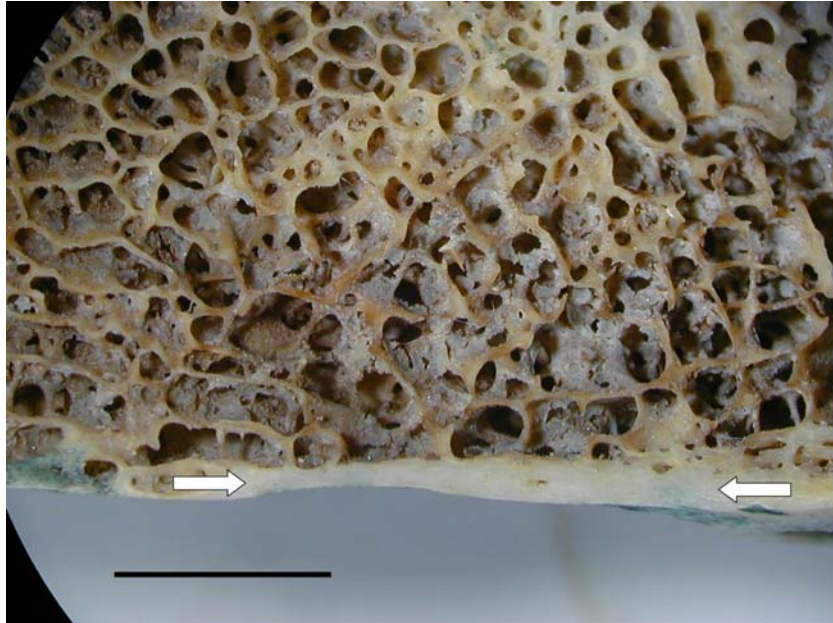
Obrázek 5.2.5.b **Pohled na ventrální stranu proximálního konce femuru**
šipky ukazují průběh osteonů, bar = 1cm

Sumárně jsou průběhy shrnuty na obrázcích 5.2.6a, b, c.



Obrázek 5.2.6. **Sumární zobrazení průběhu osteonů v kortikální kosti proximálního konce femuru**, a - pohled zepředu, b - pohled zezadu, c - pohled z mediální strany

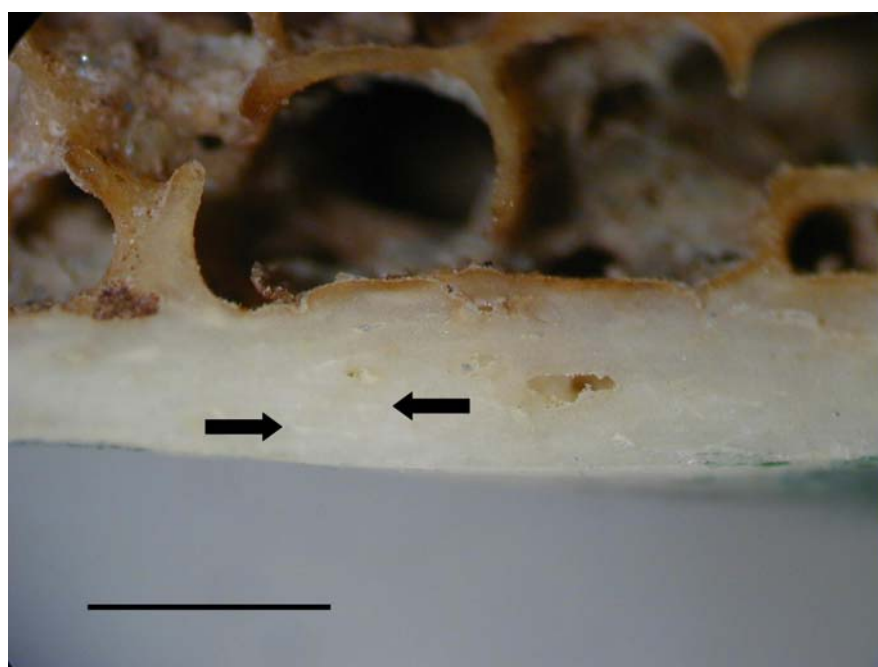
Kompakta zbývající částí trochanterického masivu a *trochanter major* je tvořena pouze velmi tenkou lamelárně uspořádanou kostí a není sekundárně haversky přestavěná (obr. 5.2.7a, b, c, d).



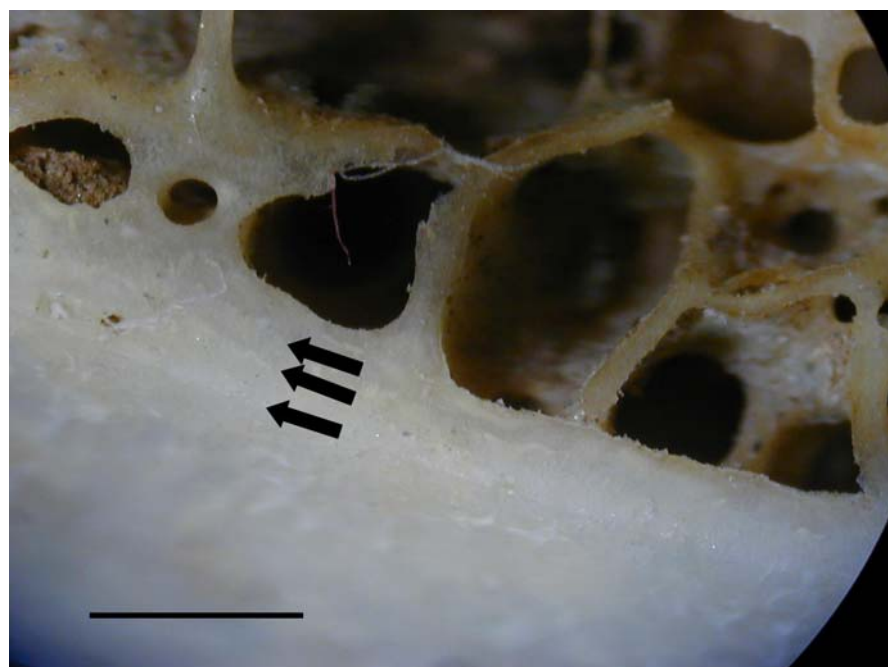
Obrázek 5.2.7a **Sagitální řez trochanter major**
šipky ukazují tenkou kortikální kost, bar = 0,5 cm



Obrázek 5.2.7b **Sagitální řez trochanter major**
šipky ukazují tenkou kortikální kost, bar = 0,5 cm



Obrázek 5.2.7c **Sagitální řez trochanter major (detail)**
šipky ukazují lamelární uspořádání kortikální kosti, bar = 0,1 cm



Obrázek 5.2.7d **Sagitální řez trochanter major (detail)**
šipky ukazují lamelární uspořádání kortikální kosti, bar = 0,1 cm

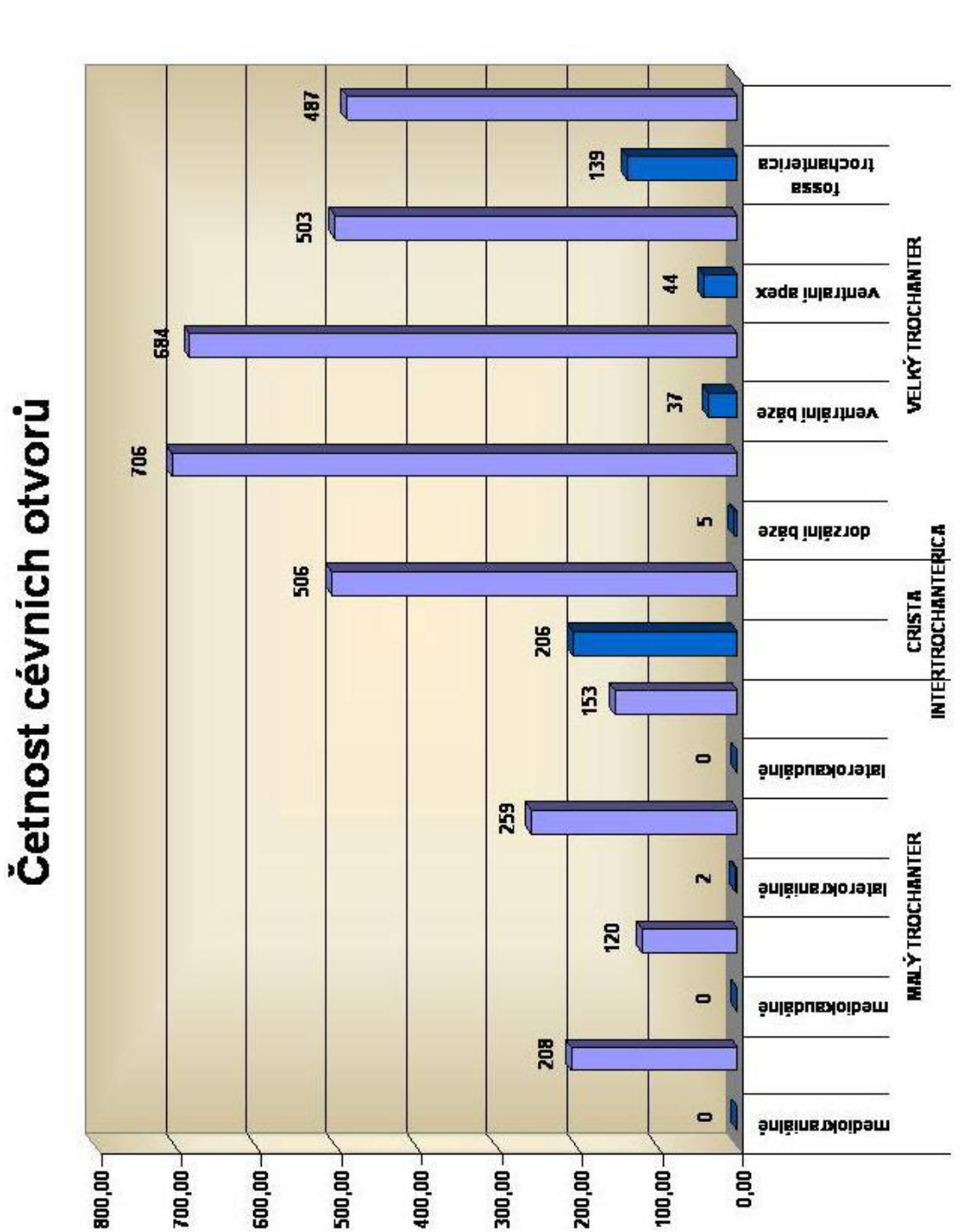
5.3. Popis a vyhodnocení cévních otvorů v oblasti trochanterického masivu femuru

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 5.3.1, graf 5.3.1).

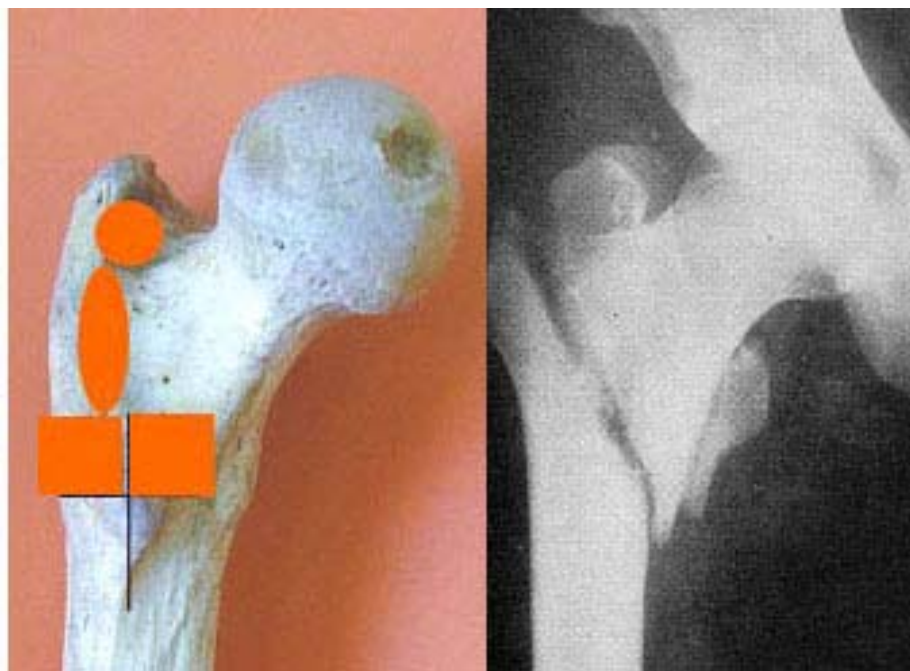
		N platných	Průměr	Int. spolehl. -95,00%	Int. spolehl. 95,00%	Medián	Modus	Četnost modu	Součet	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrod. odchylka	Směrod. chyba	
MALÝ TROCHANTER	mediokraniálně	> 1mm	106	0,00	0,00	0,00	0	106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		< 1mm	106	1,96	1,59	2,34	2,00	0	27	208,00	0,00	11,00	3,81	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 baze	> 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 baze	> 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
	ventralní 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 5.3.1. Sumární přehledná statistika distribuce cévních kanálů v jednotlivých oblastech

Graf 5.3.1. Četnost cévních otvorů v jednotlivých regionech trochanterického masivu: <1 mm fialově, >1mm modře

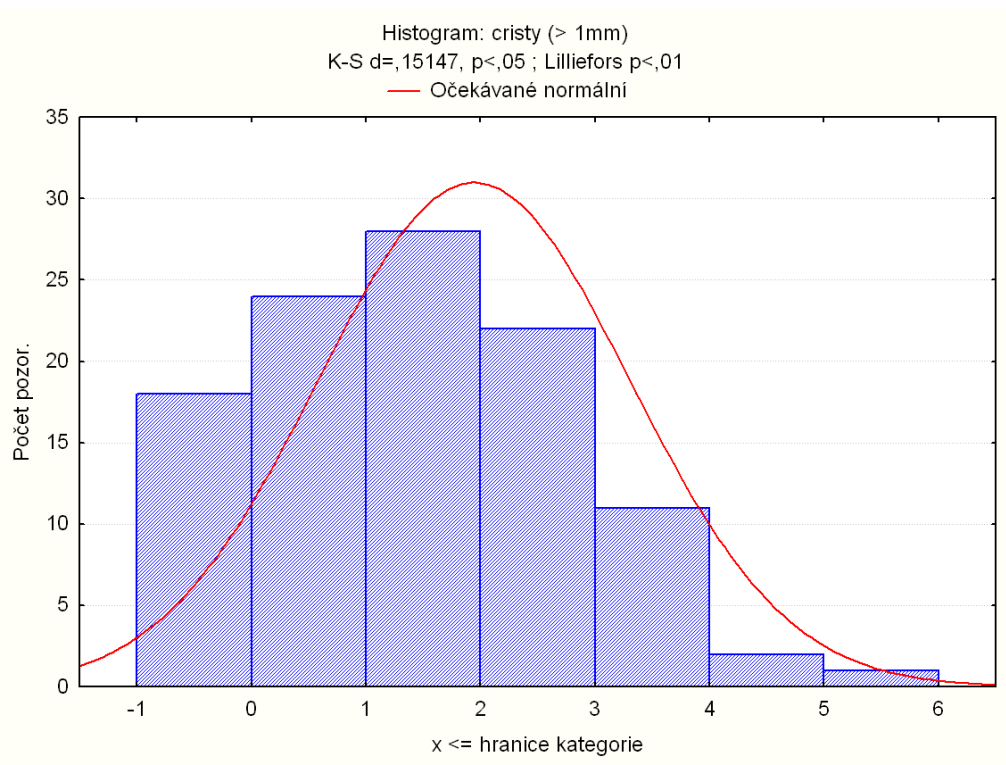


Výsledky byly porovnány s průběhem typických lomných linií pertrochanterických zlomenin a zjištěno, že akumulace cévních otvorů v jednotlivých regionech proximálního femuru odpovídá průmětům lomných linií na povrch kosti (obr. 5.3.1).

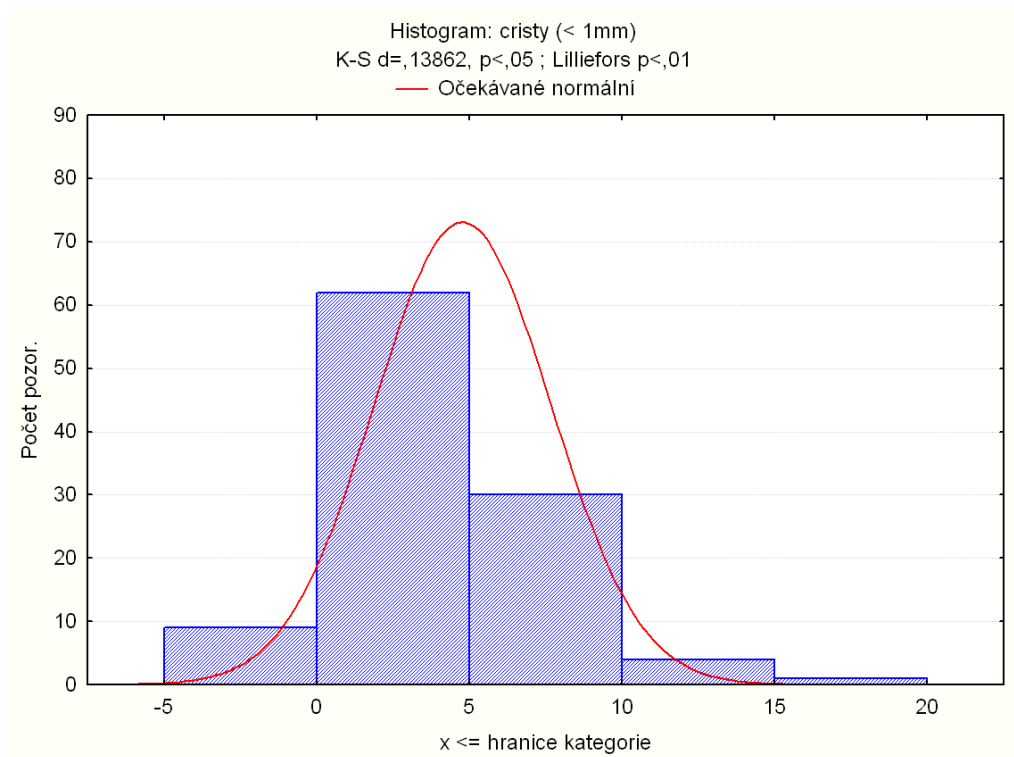


Obrázek 5.3.1. **Porovnání míst s největší akumulací cévních otvorů (plná červená pole) a příkladem typické pertrochanterické zlomeniny**

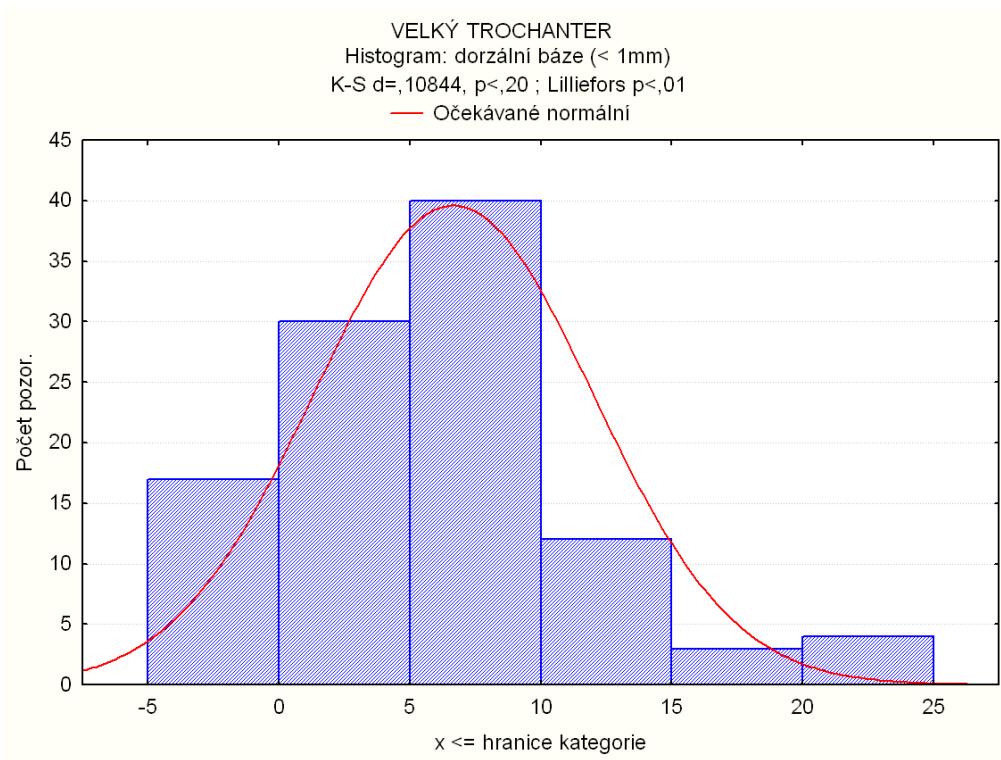
Při statistickém vyhodnocování bylo použito Kolmogorov-Smirnova testu dobré shody a také jeho Lillieforsova verze, abychom zjistili, zda distribuce cévních otvorů v kortikální kosti trochanterického masivu je ze statistického hlediska normální. Aby toto bylo splněno, musí p podle daného vzorce dosahovat hodnot větších než 0,05. Této velikosti však bylo dosaženo pouze v oblastech *crista intertrochanterica* pro obě velikosti otvorů (graf 5.3.2, 3), pro otvory menší než jeden milimetr v oblasti velkého trochanteru (graf 5.3.4, 5, 6) a *fossa trochanterica* (graf 5.3.7). 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 parametrům (graf 5.3.8 – 16).



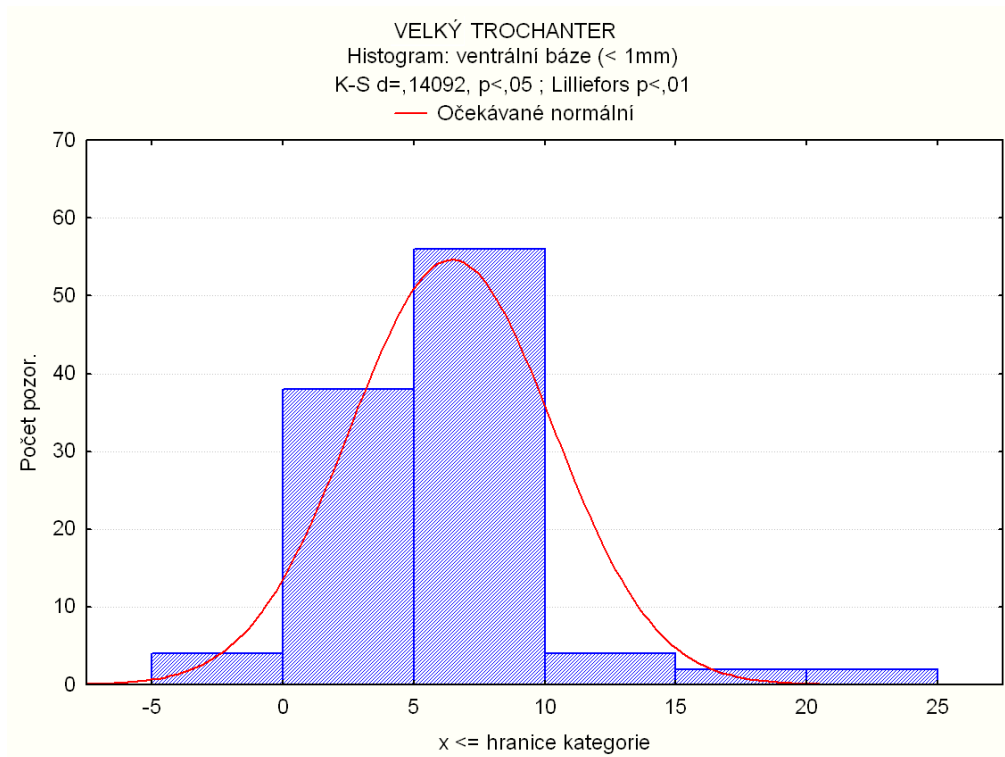
Graf 5.3.2. Histogram distribuce cévních otvorů větších než 1 mm v oblasti crista intertrochanterica



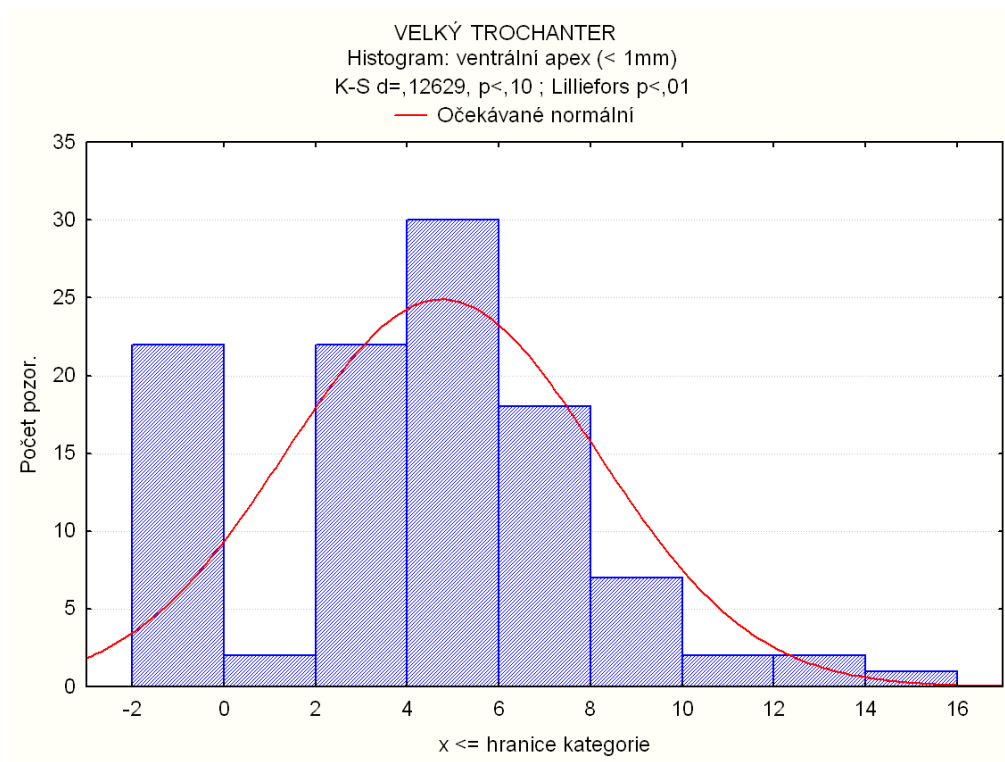
Graf 5.3.3. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti crista intertrochanterica



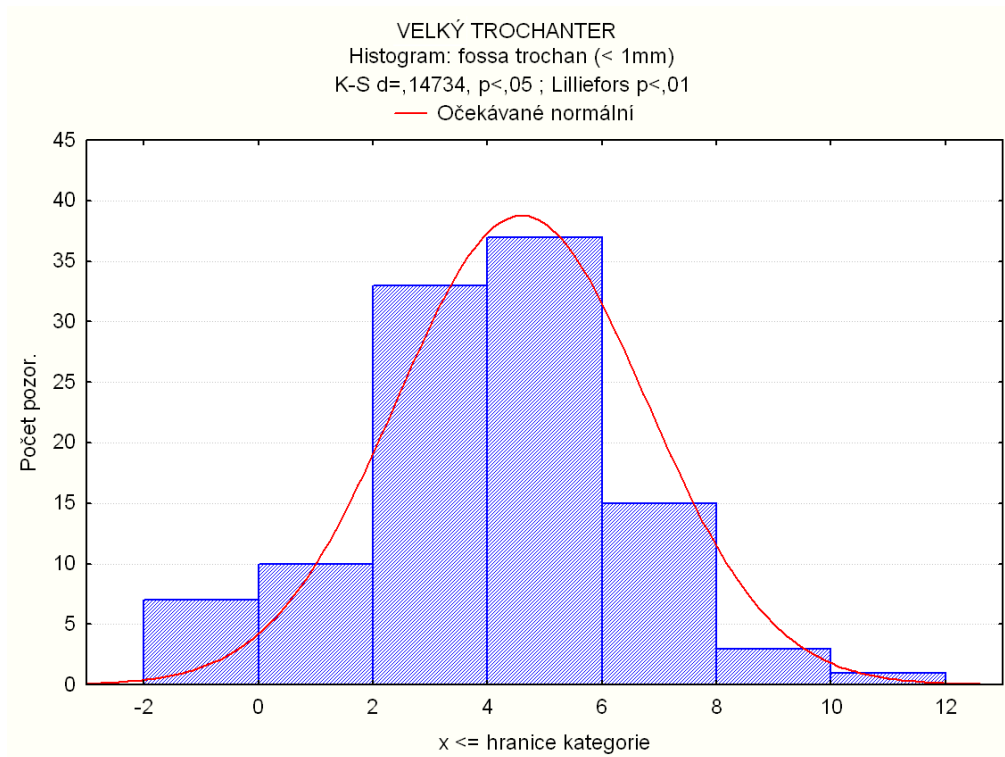
Graf 5.3.4. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti dorzální baze velkého trochanteru



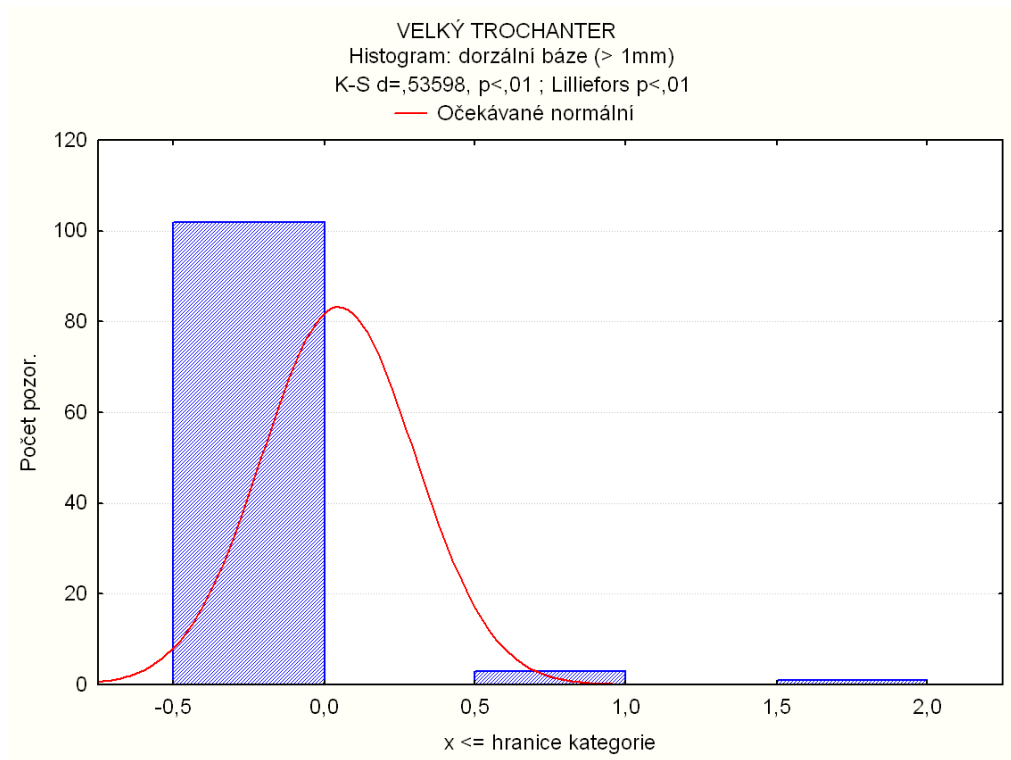
Graf 5.3.5. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti ventrální baze velkého trochanteru



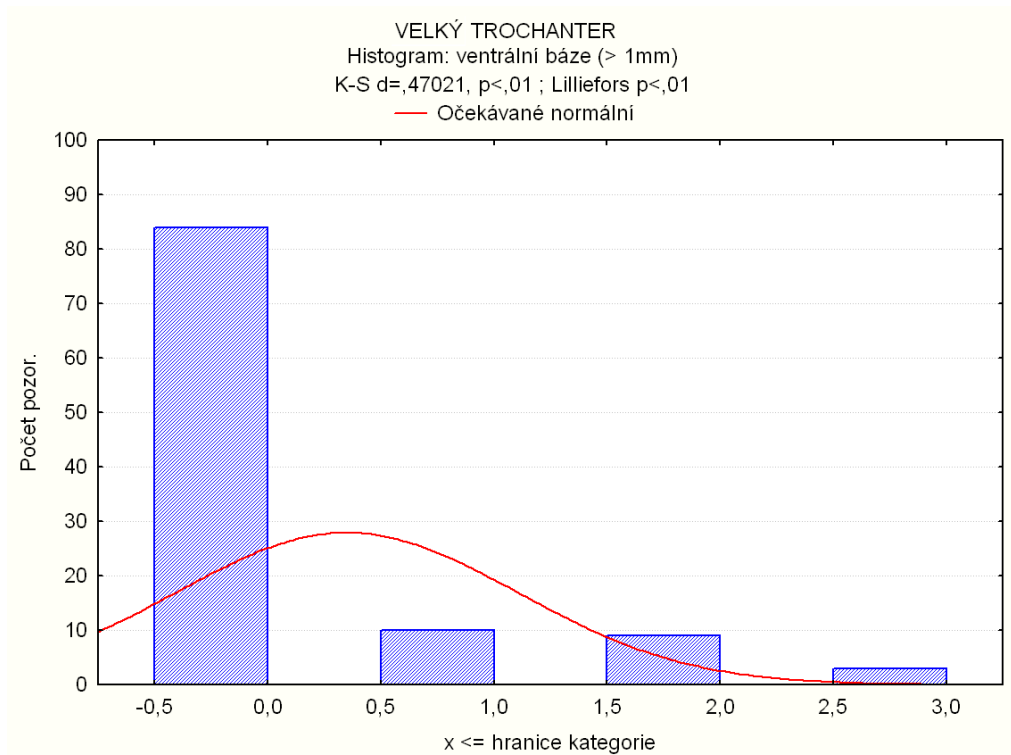
Graf 5.3.6. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti ventrálního hrotu velkého trochanteru



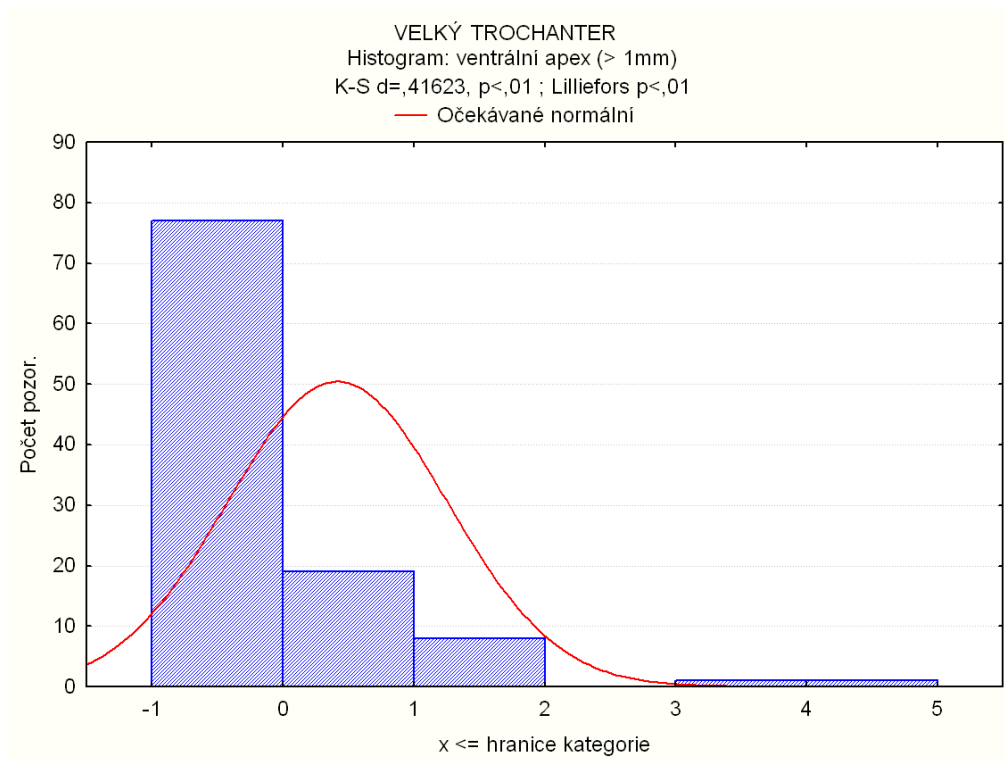
Graf 5.3.7. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti fossa trochanterica



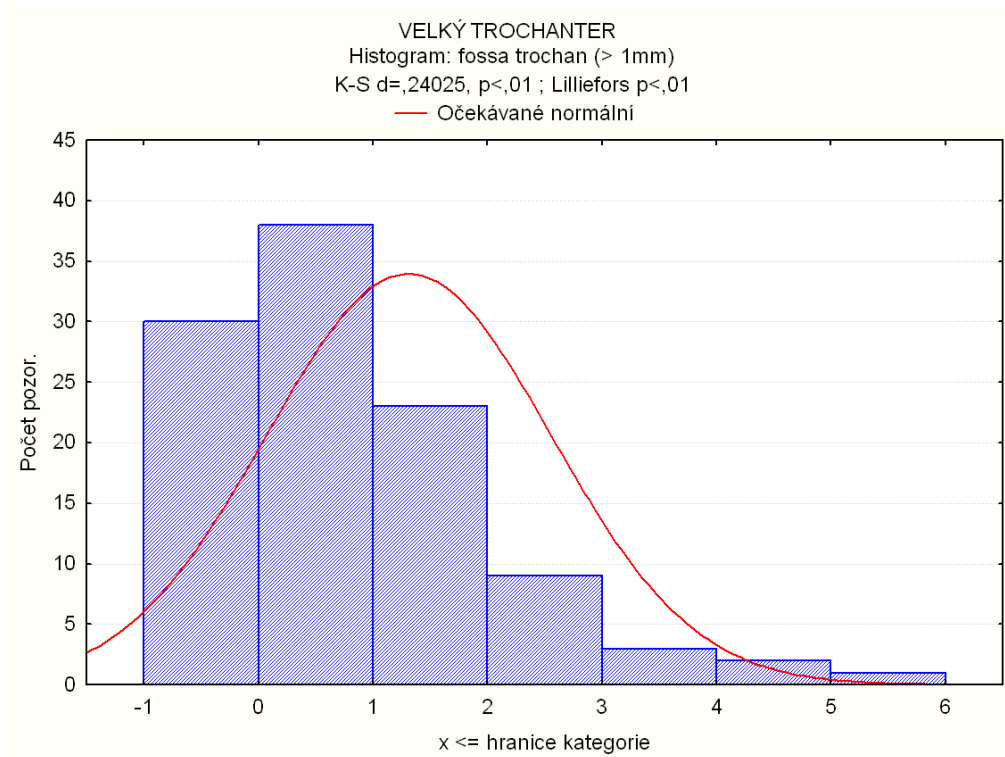
Graf 5.3.8. Histogram distribuce cévních otvorů větších než 1 mm v oblasti dorzální baze velkého trochanteru



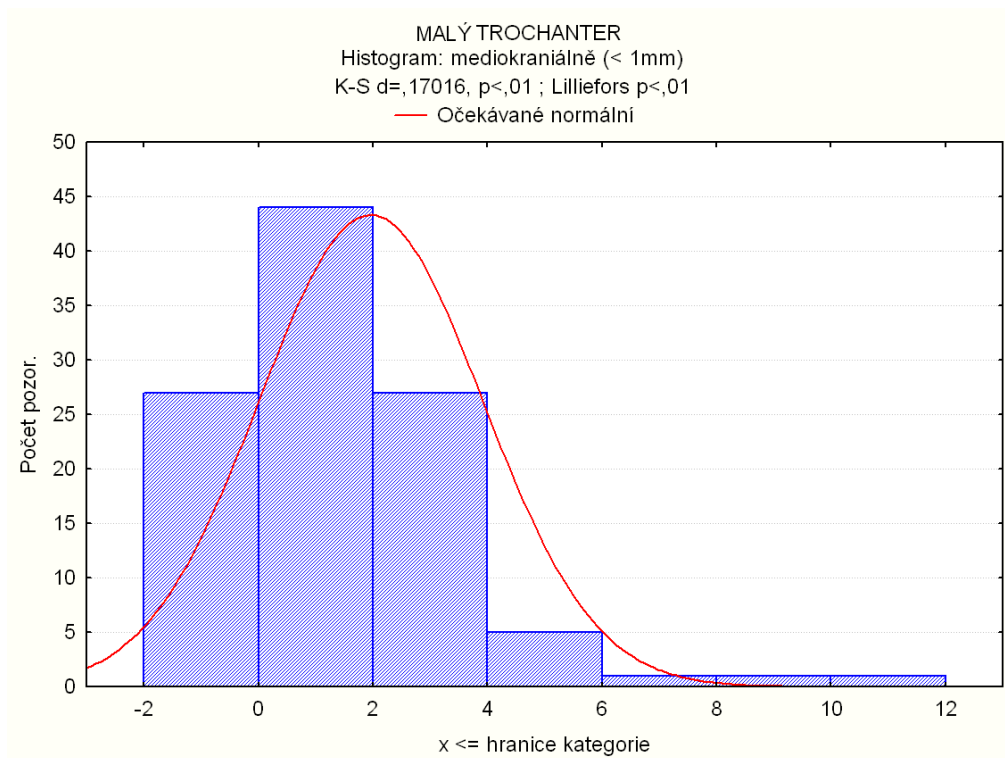
Graf 5.3.9. Histogram distribuce cévních otvorů větších než 1 mm v oblasti ventrální baze velkého trochanteru



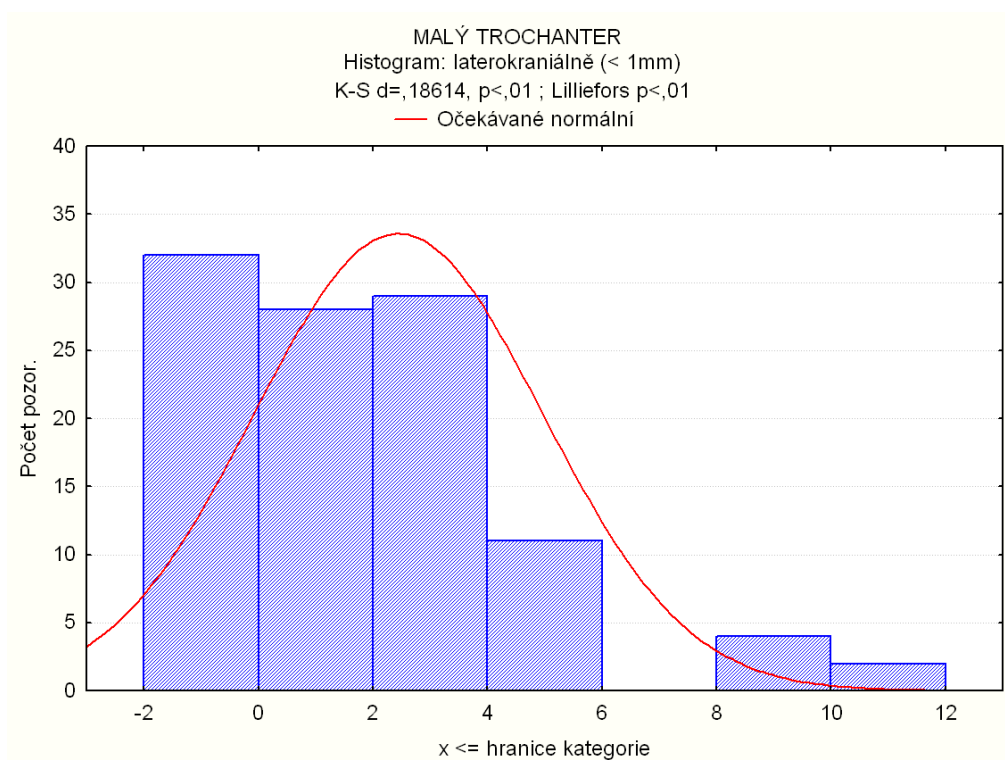
Graf 5.3.10. Histogram distribuce cévních otvorů větších než 1 mm v oblasti ventrálního hrotu velkého trochanteru



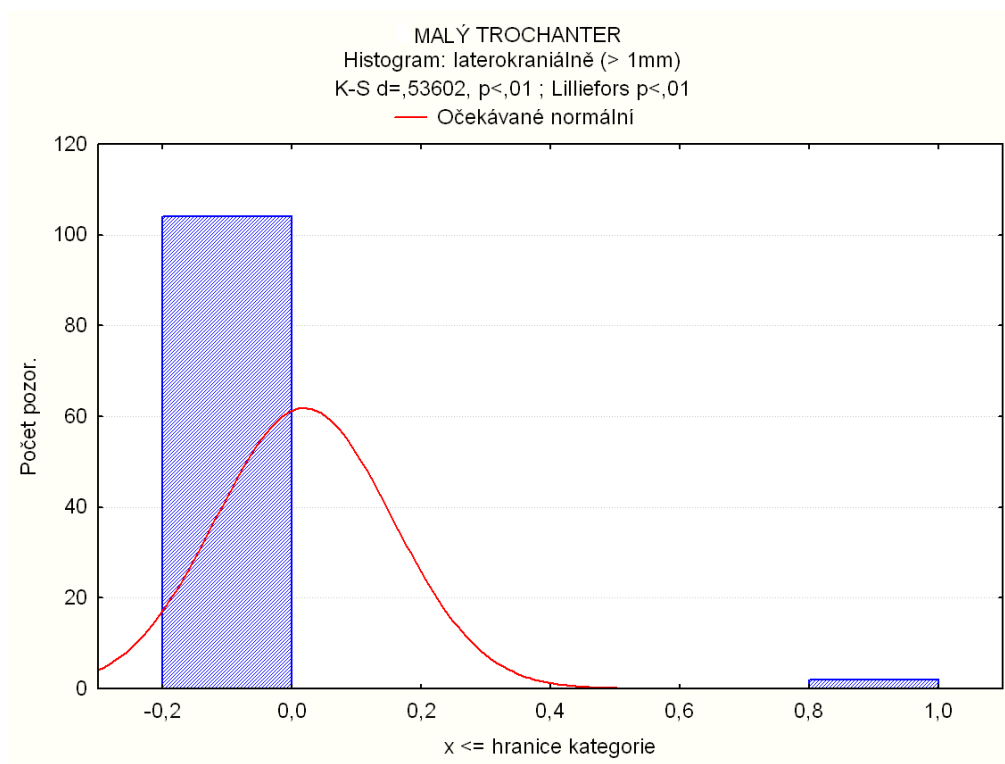
Graf 5.3.11. Histogram distribuce cévních otvorů větších než 1 mm v oblasti fossa trochanterica



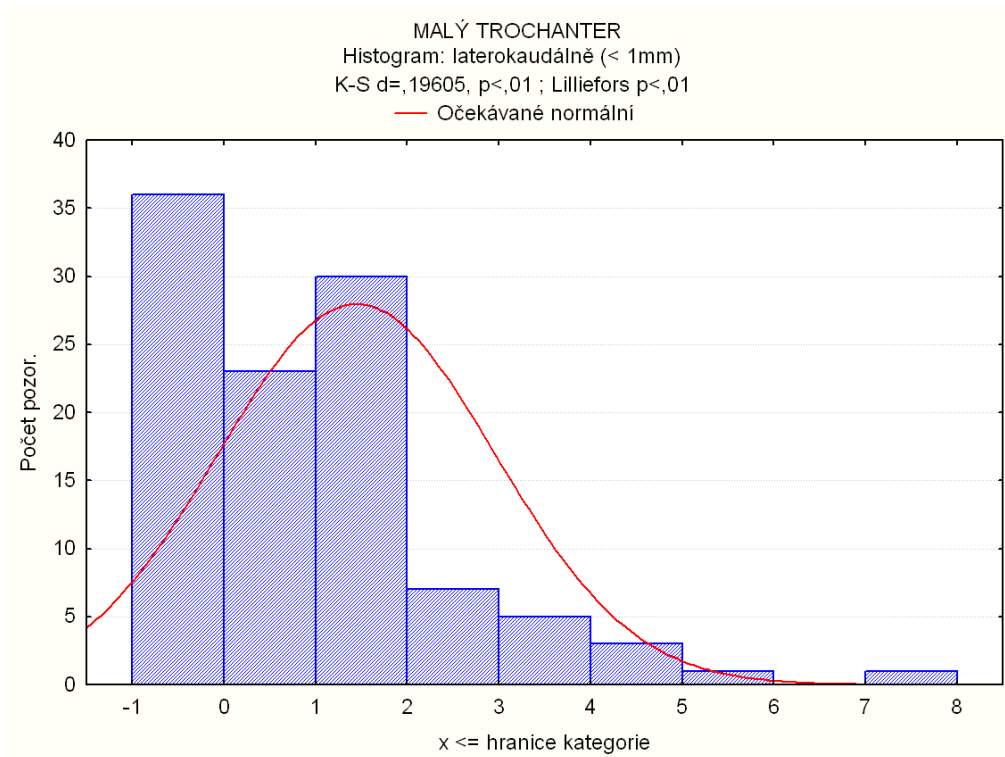
Graf 5.3.12. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti mediokraniálního kvadrantu malého trochanteru



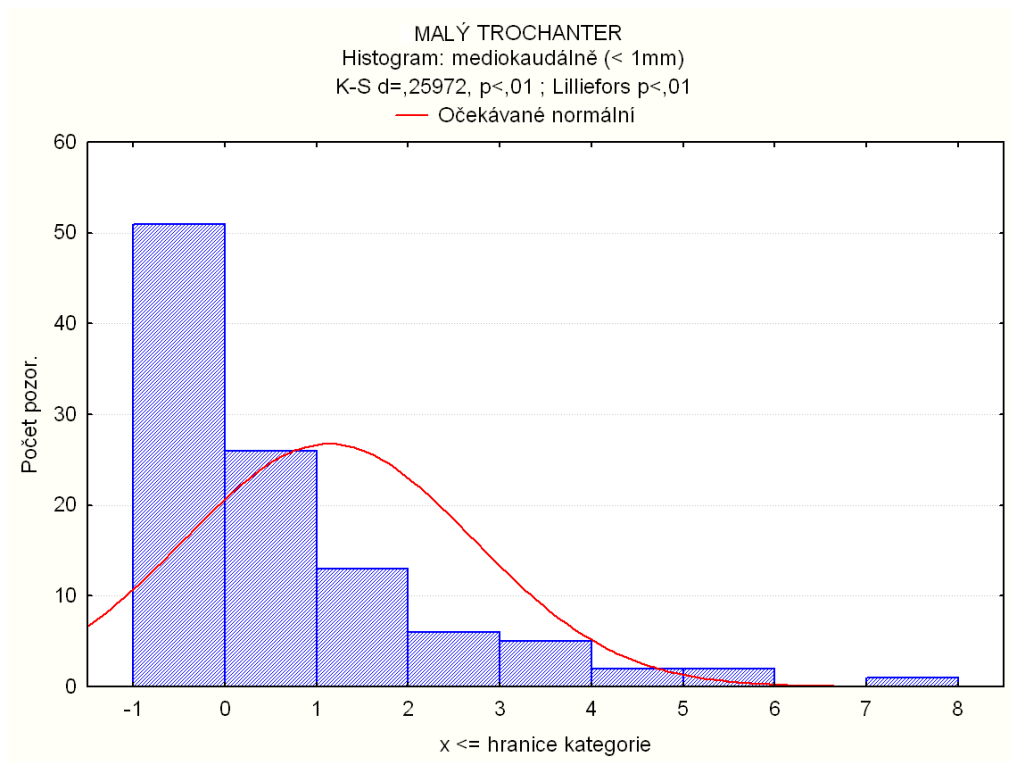
Graf 5.3.13. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti laterokraniálního kvadrantu malého trochanteru



Graf 5.3.14. Histogram distribuce cévních otvorů větších než 1 mm v oblasti laterokraniálního kvadrantu malého trochanteru



Graf 5.3.15. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti laterokaudálního kvadrantu malého trochanteru



Graf 5.3.16. Histogram distribuce cévních otvorů menších než 1 mm v oblasti mediokaudálního kvadrantu malého trochanteru

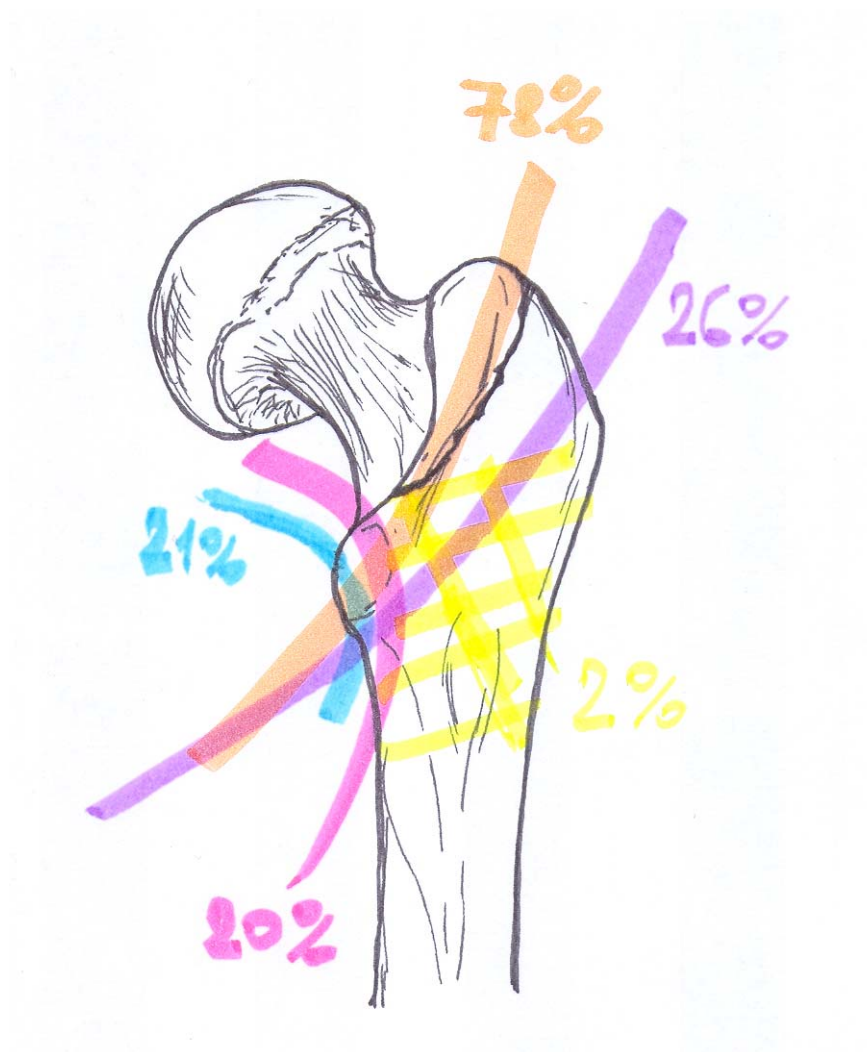
5.4. Popis a vyhodnocení lomných linií v trochanterickém masivu femuru na RTG snímcích

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. 5.4.1).

<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 5.4.1. Zastoupení lomných linií

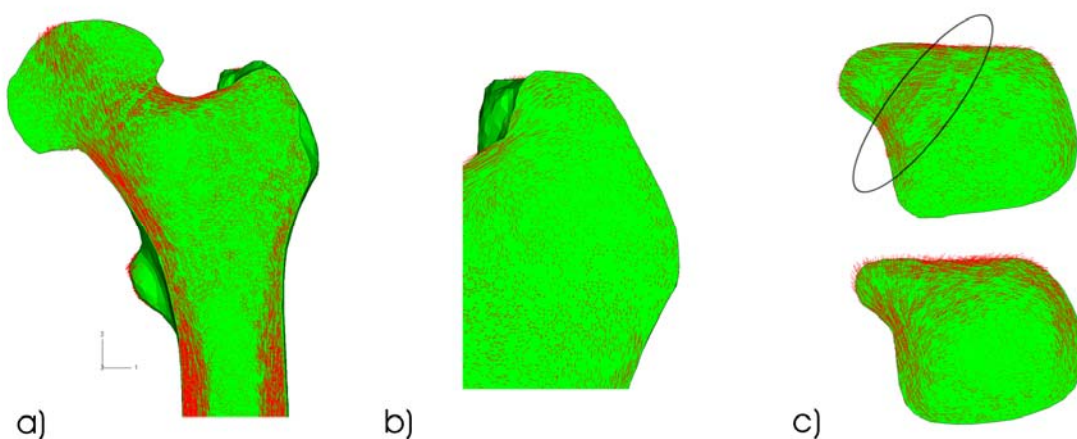
Z kvantitativních výsledků bylo vytvořeno sumární schéma jednotlivých lomných linií (obr. 5.4.1).



Obrázek 5.4.1. Sumární zobrazení jednotlivých skupin podle lomných linií

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

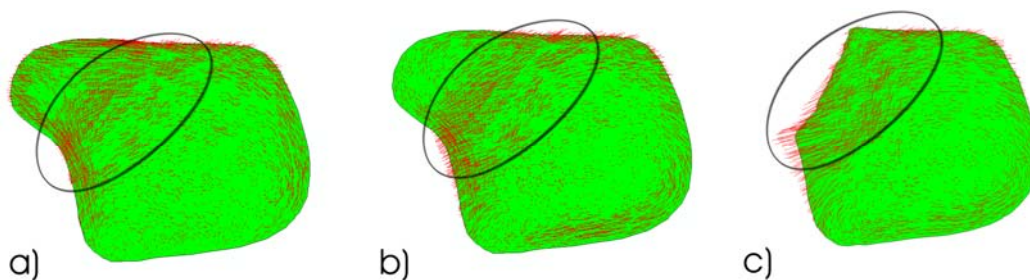
Z výsledků provedených analýz je patrná shoda orientace hlavních napětí s orientací osteonů v kostní tkáni kortikális (obr. 5.5.1a). Dále je evidentní že ačkoliv byl *trochanter major* zatížen, není průběh hlavních napětí v této oblasti nijak orientován (obr. 5.5.1b). Naopak velmi výrazná je shoda orientace hlavních napětí s orientací osteonů na *trochanter minor*. Dále je zde patrná orientace hlavních napětí v oblasti *calcar femoris* (obr. 5.5.1c).



Obrázek 5.5.1. Rozložení a orientace směrů hlavních napětí

a) frontální řez femurem, b) detail trochanter major, c) transverzální řez trochanter minor (vyznačen calcar femoris).

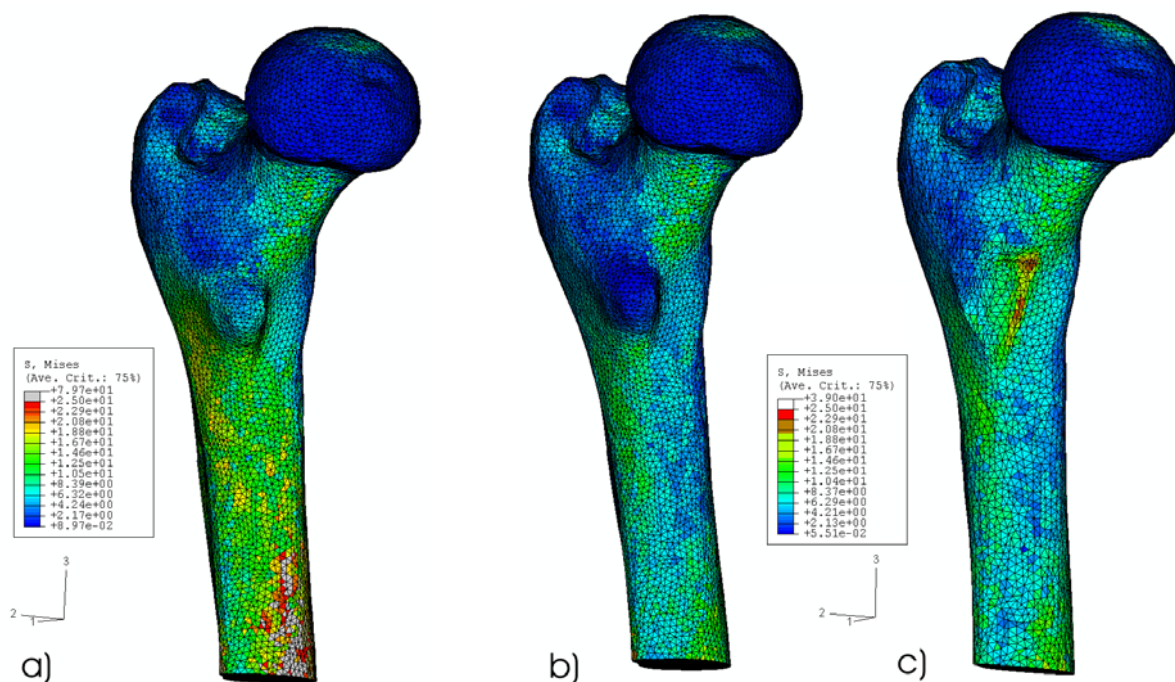
Na základě výsledků provedených výpočtových analýz byla prokázána významná role *calcar femoris* na nosnosti proximálního femuru. Tento útvar se podílí na přenosu napětí kostní tkáni jak při zatížení malého chocholíku, tak i bez jeho namáhání (obr. 5.5.2a, b). Průběh hlavních napětí v této oblasti je velmi výrazný a orientovaný ve směru namáhání.



Obrázek 5.5.2. Rozložení a orientace směrů hlavních napětí v calcar femoris

a) Analýza I, b) Analýza II, c) Analýza III.

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. 5.5.3a, b). Při simulaci odtržení *trochanter minor*, ale bez porušení *calcar femoris* je zachována stabilita a únosnost femuru (obr. 5.5.3c).



Obrázek 5.5.3. 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 začátků *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 umístěován 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 popsaná 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 (obr. 1), 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 kompaktu 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 propustujících 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].

Systemy 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 hlavice 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 přemostňující místně ztenčenou kortikalis mediálního nosného pilíře. Tato ploténka je známa pod názvem *calcar femoris*, probíhá uvnitř dřeňové 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].

6.2. 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.

6.3. 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 (viz Obr.4b,c). 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.

6.4. Závěr diskuze

Na úkoly vytyčené cílem práce lze souhrnně odpovědět takto:

- 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.

7. ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Význam práce lze nalézt jednak v precizním a uceleném historickém přehledu studia stehenní kosti, vývoje klasifikací zlomenin trochanterického masivu a jejich léčby, jednak také v upřesnění makroskopického uspořádání svalových a ligamentózních úponů včetně popsání míst nekrytých žádnou z těchto struktur, popisu systémů osteonů v haversky přestavěné kortikální kosti a popisu distribuce cévních otvorů a míst s největším nakupením perforací, ale také v aplikaci a interpretaci těchto vlastních, často prvně publikovaných nálezů, v souvislosti s klinickým obrazem zlomenin trochanterického masivu.

Tato práce by měla vést k zamyšlení a podrobnějšímu studiu biomechanických závislostí v tomto regionu. Je třeba si uvědomit a práce na to svými výsledky ukazuje, že oblast proximálního femuru je třeba brát jako ucelenou biomechanickou soustavu se svými silnými a slabými místy, se kterými je třeba počítat. Izolované studie týkající se pouze kosti bez dalšího vlivu jednotlivých anatomických struktur jsou zcela nedostatečné a je třeba je eliminovat a nahradit složitějšími modely se zpracováním všech zevních i vnitřních vlivů týkajících se kosti s možným vlivem na její pevnost.

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 uspořádáním 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. GRANTOVÁ PODPORA

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*

9. PUBLIKACE SPOJENÉ S PRACÍ

Originální práce:

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*. 2007, 29 (5), s. 201-207.

IF = 0,369

ISSN: 0930-1038

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*. 2007, vol. 29 (8), s. 935.

IF = 1,151

ISSN 1350-4533

BÁČA, V.; KACHLÍK, D.; STINGL, J. Průběh osteonů v kompaktní kosti proximálního konce lidského femuru. *Plzeň. Léč. Sborník*. 2003, Suppl 78, s.177-179.

ISSN 0551-1038

Kapitoly v monografii:

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, s. 108-114.

ISBN 80-223-2029-3

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, s. 115-120.
ISBN 80-223-2029-3

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, s. 103-107.
ISBN 80-223-2029-3

Abstrakta ve sbornících:

BÁČA, V.; KACHLÍK, D. Remarks to the clinical anatomy of trochanteric massif of the human femur. *Abstract book EACA 2001*. Montpellier, 2001

BÁČA V. Pohled na vývoj klasifikace a léčby pettrochanterických zlomenin. *Sborník 2000*. 2001, Pelhřimov, s. 78 – 83

BÁČA V. The post-war view of the classification and treatment of pettrochanteric fractures. *Sborník lékařský*. 2001, Praha, vol.102, s. 292.

BÁČA, V.; KACHLÍK, D. Upřesnění některých klinicko-anatomických vztahů v oblasti trochanterického masivu lidského femuru. *Nové poznatky v morfológii*. 2001, Martin, s. 10 – 11.

BÁČA, V.; DOUBKOVÁ, A.; KACHLÍK D. Klinická anatomie fossa trochanterica a jejího bezprostředního okolí. *Sborník 2001*. 2002, Pelhřimov, s. 66 – 68.

BÁČA, V.; SKÁLA, J. Morfologické aspekty vzniku pettrochanterických zlomenin, *Sborník XI. Frejkovy dny*. 2002, Brno, s. 33.

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.

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

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.

BÁČA, V.; HORÁK, Z.; KACHLÍK, D.; DOUBKOVÁ, A.; STINGL, J. Existuje morfologický korelát vzniku pettrochanterických zlomenin? *Sborník abstrakt Pražské chirurgické dny 2007 (Jiráskovy dny)*. 2007, Praha.

10. PODĚKOVÁNÍ

Autor práce by chtěl touto cestou poděkovat především školiteli *prof. MUDr. Josefu Stinglovi, CSc.*, za vedení během zaučování do metodiky a vlastního výzkumu, cenné rady při preparačních technikách a čas věnovaný konzultacím při sestavování dizertační práce a školiteli konzultantu *Prof. MUDr. Janu Bartoníčkoví, DrSc.*, přednostovi Ortopedicko-traumatologické kliniky 3. LF UK a FNKV, za získání nedocenitelných životních zkušeností a poučení, kterých se mu dostalo vrchovatě v rámci odborných stáží a služeb na této klinice. Dále by chtěl poděkovat *Doc. MUDr. Valéru Džupovi, CSc.*, z Ortopedicko-traumatologické kliniky 3. LF UK a FNKV za metodické vedení a konzultační činnost spojenou s odbornými ortopedickými částmi práce, *MUDr. Antonínu Srpovi, CSc.*, z Radiodiagnostické kliniky 3. LF UK a FNKV za umožnění přístupu do RTG archivu, *Doc. RNDr. Pavlu Fialovi, CSc.*, přednostovi Ústavu anatomie LF UK v Plzni za vyškolení v metodice vizualizace osteonů v kortikální kosti, *O-Univ. Prof. Dr. Friedrichu T. Anderhuberovi* a *Dr. Georgu Feiglovi* z Institutu pro anatomii lékařské fakulty v Grazu za umožnění přístupu k rozsáhlému materiálu a jeho studia na jejich ústavu, *Univ. Prof. Dr. Reinhardu Putzovi*, přednostovi Institutu pro anatomii lékařské fakulty Ludwig-Maximilian Universität v Mnichově za možnost studia fotoelastického modelu femuru v jejich muzeu, dále *Ing. Zdeňku Horákovi, PhD.*, z katedry Mechaniky, biomechaniky a mechatroniky ČVÚT za nezištnou pomoc v orientaci v biomechanické problematice, *Ing. Janě Vránové, CSc.*, z Ústavu lékařské biofyziky a informatiky za pomoc při statistickém zpracování výsledků, *Mgr. Vladimíru Musilovi, PhDr. Martině Hábové a Miroslavě Plecité*, pracovníkům Střediska vědeckých informací 3. LF UK za pomoc při získávání a interpretaci literárních zdrojů, a laborantkám Ústavu anatomie 3. LF UK *Mileně Rýcové* a *Lucii Drahotové* za ochotu a vstřícnost při řešení zapeklitých situací v rámci tohoto výzkumu.

11. LITERATURA

1. AAMODT, A. et al. In vivo measurements show tensile axial strain in the proximal lateral aspect of the human femur. *J. Orthop. Res.* 1997, vol. 15, s. 927-931.
2. ADACHI, B. *Der Arteriensystem der Japaner : Band II.* Kyoto : Verlag der Kaiserlich-Japanischen Universität zu Kyoto, 1928.
3. ADAM, F.; HAMMER, D.S.; PAPE D. et al. The internal calcar septum (femoral thigh spur) in computed tomography and conventional radiography. *Skeletal Radiol.* 2001, vol. 30, s. 77-83.
4. 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.
5. BALAŠ, V. *Špeciálna chirurgia.* Osveta : Martin, 1987.
6. BARTONÍČEK, J.; BARTOŠ, M. Operační přístupy při aloplastice kyčelního kloubu (Anatomické poznámky). *Acta Chir. Orthop. Traum. čech.* 1986, vol. 53, s. 405-415.
7. BARTONÍČEK, J.; DOUŠA, P.; SKÁLA-ROSENBAUM, J. et al. Trochanterické zlomeniny : Souborný referát. *Úrazová chirurgie.* 2001, vol. 10 (4), s. 13-24.
8. BARTONÍČEK, J. The history of fractures of the proximal femur. The contribution of the Dublin Surgical School in the first half of the 19th century. *J Bone Joint Surg.* 2002, vol. 84-B, s. 795-797.
9. 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.
10. 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.
11. BENNINGHOF, A. Spaltlinien am Knochen, eine Methode zur Ermittlung der Architektur platter Knochen. *Ver. Anat. Ges.* 1925, Vol. 34, s. 189-205.
12. BERGMANN, G.; DEURETBACHER, G.; KELLER, M. Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *J Biomechanics.* 2001, vol. 34, s. 859-871.
13. BLAIMONT, P. Contribution a l'étude biomecanique du femur humain. *Acta Medica Belgica.* 1968, vol. 34, s. 1-144.
14. BÖHLER, L. *Medullary Nailing of Küntscher.* Baltimore : Williams and Wilkins, 1948.
15. BOROVSANÝ, L. *Soustavná anatomie člověka I. a II. díl.* Praha : Avicenum, 1973.
16. 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.

18. CARTER, D.R.; ORR, T.E.; FYHRIE, D.P. Relationships between loading history and femoral cancellous bone architecture. *J Biomechanics*. 1989, vol. 22, s. 231-244.
19. CIARELLI, M.J.; GOLDSTEIN, S.A.; KUHN, J.L. et al. Evaluation of orthogonal mechanical properties and density of human trabecular bone from the major metaphyseal regions with materials testing and computed tomography. *J. Orthop. Res.* 1991, vol. 9 (5), s. 674-682.
20. COHEN, J.; HARRIS, W.H. The three-dimensional anatomy of haversian systems *J Bone Joint Surg.* 1958, vol. 40-A, s. 419-434.
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.
22. COOPER, A.P. *A treatise on dislocation and on fractures of the joints : ed. 2.* London : Longman, 1823, s. 114-176, 571-579.
23. COOPER, A.P. Fractures of the Neck of the Thigh-Bone. In: COOPER, A.P.; TRAVERS, B. (eds.). *Surgical Essays : Part II.* London : Longman, 1819, s. 20-54.
24. CORDEY, J.; GAUTIER, E. Strain gauges used in the mechanical testing of bone. Part III: strain analysis, graphic determination of the neutral axis. *Injury Int J Care Injured.* 1999, vol. 30, Suppl 1, s. 21-25.
25. COWIN, S.C.: Structural adaptation of bone. *Appl. Mech. Rev.* 1990, vol. 43, s. 126-133.
26. CROCK, H.V. A revision of the anatomy of the arteries supplying the upper end of the humen femur. *J Anat.* 1965, vol. 99, s. 77-88.
27. ČECH, O. et al. *Stabilní osteosyntéza v traumatologii a ortopedii.* Praha : Avicenum, 1982.
28. ČIHÁK, R. *Anatomie : I.díl.* Praha : Avicenum, 1987.
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.
31. DIMON JH, HUGHSTON JC Unstable intertrochanteric fractures of the hip, *J Bone Joint Surg.* 1967, vol. 49-A, s. 440-450.
32. DIXON, A.F. The architecture of the cancellous tissue forming the upper end of the femur. *J Anat. Physiol.* 1910, vol. 44, s. 223-230.
33. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary (under names) : 24th edition.* Philadelphia : WB Saunders Company, 1965.
34. DOSKOČIL, M.; MED, M.; VIMMER, T. Musculus rectus femoris - začáteční šlacha, její funkční význam. *Acta Chir orthop Traum čech.* 1978, vol. 54, s. 99-107.
35. DOSKOČIL, M. Contributions to the study of human hip joint development. *Acta Univ Carol Med.* 1974, vol. 30, s. 529-544.
36. DUDA, G.N.; SCHNEIDER, E.; CHAO, E.Y.S. Internal forces and moments in the femur during walking. *J Biomechanics.* 1993, vol. 30, s. 933-941.

37. DYAS, F.G.; ARIES, L.J. Fixation of fractures of neck of femur by introduction of Kirschner wires. *Surg. Gynec. Obstet.* 1936, vol. 63, s. 499.
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.
40. EYCLESHYMER, A.C. *Anatomical Names*. New York : William Wood and Company, 1917.
41. FCAT. *Terminologia anatomica*. Stuttgart : Thieme Verlag, 1998. ISBN: 3-13-114361-4.
42. FENEIS, H. *Anatomický obrazový slovník*. Praha : Avicenum, 1981.
43. FRANKEL, V.H.; PUGH, J.W. Biomechanics of the Hip. In: Fronto, R.G. (ed.): *Surgery of the Hip : Volume 1*. New York : Springer, 1984.
44. FRAZER, J.E. *The Anatomy of the Human Skeleton*. London : Churchill, 1946.
45. FREJKA, B. *Základy ortopedické chirurgie*. Praha Avicenum, 1970.
46. FROHSE, F.; FRÄNKEL, M. *Die Muskeln des Menschlichen Beines*. Jena : Fischer, 1913.
47. FUSS, F.; BACHER, A. New Aspects of the Morphology and Function of the Human Hip Joint Ligaments. *Amer. J. Anat.* 1991, vol. 192, s. 1-13.
48. GOSLING, J.A.; HARRIS, P.F.; HUMPHERSON, J.R. et al. *Human Anatomy*. London : Gower Medical Publishing, 1990.
49. GRASHEY, R. *Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen*. München : Lehmanns Verlag, 1923.
50. GRIFFIN, J.B. The Calcar Femorale Redefined. *Clin. Orthop.* 1982, vol. 164, s. 211-214.
51. HAFFERL, A.; THIEL, W. *Lehrbuch der Topografischen Anatomie*. Berlin : Springer, 1969.
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.
53. HARTY, M. The calcar femorale and the femoral neck. *J Bone Joint Surg.* 1975, vol. 39-A, s. 625-630.
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.
56. HEŘT, J.; FIALA, P.; PETRTÝL, M. Structure and loading mode of long bones in man. *Acta Chir Orthop. Traumat. čech.* 1993, vol. 60, s. 199-208.
57. HEŘT, J.; FIALA, P.; PETRTÝL, M. Osteon orientation of the diaphysis of the long bone in man. *Bone.* 1994, vol. 15, s. 269-277.

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.
59. HUDEC, I. et al.: *Úrazová chirurgie*. Martin : Osveta, 1986.
60. HURWITZ, D.E.; ANDRIACCHI, T.P. Biomechanics of the Hip. In: CALLAGHAN, J.J.; ROSENBERG, A.G.; RUBAH, H.E. (eds): *The Adult Hip*. Philadelphia : Lippincott-Raven, 1998.
61. HYRTL, J. *Onomatologia Anatomica*. Wien : Wilhelm Braumüller, 1880.
62. CHURCHILL, M.A.; BROOKES, M.; SPENCER, J.D. The blood supply of the greater trochanter. *J Bone Joint Surg*. 1992, vol. 74-B, s. 272-274.
63. JANOŠÍK, J. *Anatomie člověka*. Praha : JR Vilímek, 1898.
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 : Vydavatelství Osveta, 1981.
68. JESSENIUS, J. *Průběh pitvy jím slavnostně provedené v Praze L.P. MDC, k níž byl přičleněn traktát o kostech*. Praha : Nakladatelství Karolinum, 2004.
69. JEWET, E.L. One-Piece Angle Nail for Trochanteric Fractures. *J Bone Joint Surg*. 1941, vol. 23-A, s. 803-810.
70. JEWET, E.L.; ALBEE, F.H.; POWERS, E.J. et al. Treatment of all fractures of the femoral neck and trochanteric region with the original one-piece flanged nail. *J Int Coll Surg*. 1952, vol. 18 (3), s. 313-328.
71. JOHANNSON, S. *Operative Behandlung von Schenkelhalsbrüchen*. Leipzig : Thieme, 1934.
72. JUNAS, J. *Průkopníci medicíny*. Praha : Avicenum, 1977.
73. KEYAK, J.H.; ROSSI, S.A.; JONES, K.A. et al. Prediction of femoral fracture load using automated finite element modeling. *Journal of Biomechanics*. 1998, vol. 31, s. 125-133.
74. KOCH, J.C. The laws of bone architecture. *Amer J Anat*. 1917, vol. 21, s. 177-293 .
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 vydáný. Aufgeschlossene güldene Sprachen-Thür..., Pragae, typis archiepiscopalibus..., 1669.*
76. KOPSCH, F. *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*. Leipzig : Thieme, 1952.

77. KROTSCHKEK, H. Möglichkeiten der Osteosynthese bei hüftnahen Brüchen des Oberschenkels. *Arch orthop Unfall-chir.* 1965, vol. 57, s. 89.
78. KUBÁNKOVÁ, V.; HENDL, J. *Statistika pro zdravotníky.* Praha : Avicenum, 1986.
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.
83. LANGE, F.; PITZEN, P. Zur Anatomie des oberen Femurendes. *Z Orthop Chir.* 1921, vol. 41, s. 105-134.
84. LANYON, L.E. Bone deformation recorded in vivo from strain gauges attached to the human tibial shaft. *Acta Orthop Scand.* 1975, vol. 46, s. 256-268.
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.
87. LOTZ, J.C.; GERHART, T.N.; HAYES, W.C. Mechanical properties of trabecular bone from the proximal femur: a quantitative CT study. *J Comput Assist Tomogr.* 1990, vol. 14 (1), s. 107-114.
88. MARIQUE, P. *Études sur le femur.* Bruxelles : Librairie des sciences, 1945 s. 1 – 180.
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.
93. MERKEL, F. Betrachtungen über das Os Femoris. *Arch Pathol Anat.* 1874, vol. 59, s. 237-256.
94. MOORE, K.L. *Clinically oriented anatomy.* Baltimore : Williams & Wilkins, 1985, II. vydání.
95. MOW, V.C.; RATCLIFFE, A.; WOO, S.L.Y. *Biomechanics of Diarthrodial Joints.* New York : Springer-Verlag, 1990, s. 155-174.
96. MÜLLER, M. et al. *Chirurgie pro studium a praxi,* Praha : Goldstein&Goldstein, 1997.

97. MÜLLER, M.E.; ALLGÖVER, M.; WILLENEGER, H. *Die Technik der operativen Frakturenbehandlung*. Berlin : Springer, 1963.
98. MÜLLER, M.E.; ALLGÖWER, M.; WILLENEGER, H. *Manual of internal fixation*. Berlin : Springer, 1970.
99. NABRI, I.A. El Zahrawi (936-1013 AD), the father of operative surgery. *Ann. Roy. Coll. Surg. Eng.* 1983, vol. 65, s. 132-134.
100. NEDOMA, J.; STEHLÍK, J.; BARTOŠ, M.; DENK, F.; DŽUPA, V.; FOUSEK, J.; HLAVÁČEK, I.; KLÉZL, Z.; KVĚT, I. *Biomechanika lidského skeletu a umělých náhrad jeho částí*. Praha: Karolinum, 2006.
101. *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods*. 2002.
102. O'MALLEY, C.D.; de C. M. SAUNDERS, J.B. *Leonardo da Vinci on the human body : the anatomical, physiological, and embryological drawings of Leonardo da Vinci*. New York : H. Schuman, 1952.
103. PANSKY, B. *Review of Gross Anatomy*. New York : McGraw - Hill, 1996.
104. PARKER, M.J.; PRYOR, G.A. *Hip Fracture Management*. Oxford : Blackwell Scientific, 1993.
105. PAUWELS, F. *Der Schenkelhalsbruch : Ein mechanisches Problem*. Stuttgart : F. Enke, 1935.
106. PAUWELS, F. *Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates*. Berlin : Springer, 1965, s. 392.
107. PEAD, M.J.; KANTON, L.E. The adaptation of bone architecture to mechanical function. In: SUMNER-SMITH, G. (ed): *Bone in Clinical Orthopedics*. Stuttgart : Thieme, 2002.
108. PELTIER, L.F. *Fractures: a history and iconography of their treatment*. San Francisco : Norman Publishing, 1990.
109. PENG, L.; BAI, J.; ZENG, X. et al. Comparison of isotropic and orthotropic material property assignments on femoral finite element models under two loading conditions. *Medical Engineering & Physics*. 2006, vol. 28, s. 227-233.
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.
114. RHO, J.Y.; HOBATHO, M.C.; ASHMAN, R.B. Relations of mechanical properties to density and CT numbers in human bone. *Med. Eng. Phys.* 1995, vol. 17 (5), s. 347-355.

115. SCHNEIDER, E.; WEBER, P.; GASSER, B. et al. Determination of geometrical and mechanical properties of the distal femur using computed tomography. In JONSSON, B. (ed.) *BIOMECHANICS X-B*. Champaign : Human kinetics Publishers, 1987, s. 1081-1087.
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.
118. SINĚLNIKOV, N.A. Spatial architecture of osteons in the diaphysis of the femur in man and other primates. *Antrop Zurnal*. 1937, vol. 3, s. 102-115.
119. SMITH-PETERSEN, M.N.; CAVE, E. VANGORDER, G.W. Intracapsular fractures of the neck of the femur. Treatment by internal fixation. *Arch Surg*. 1931, vol. 23, s. 715-759.
120. SNELL, R.S. *Clinical Anatomy for Medical Students*. New York : Little – Brown and comp., 1995, VI. vydání.
121. STANDRING, S. (ed.). *Gray's anatomy : the anatomical basis of clinical practice*. Edinburgh : Elsevier/Churchill Livingstone, 2005.
122. *Stedman's Medical Dictionary*. Baltimore : Williams and Wilkins Company, 1953.
123. TAYLOR, S.J.G.; WALKER, P.S. Forces and moments telemetered from two distal femoral replacements during various activities. *J Biomechanics*. 2001, vol. 34, s. 839-848.
124. *The Works of Hippocrates*. Athens : Diachronic Publications, 1998.
125. THORTON, L. The treatment of trochanteric fractures of the femur : two new methods. *Piedmont Hosp. Bull.* 1937, vol. 10, s. 21-35.
126. TRONZO, R.G. *Surgery of the hip point*. Philadelphia : Lea&Febiger, 1973.
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.
131. WEIGNER, K. *Topografická anatomie se zřetelem k studiu anatomie a k potřebám klinickým*. Praha : ČLKA, 1922.
132. WEITBRECHT, I: *Syndesmologia sive historia ligamentorum corporis humani*. Petropoli : Academia scientiarum, 1742.
133. WILLIAMS, P.L. et al. *Gray's Anatomy*. New York : Churchill- Livingstone, 1999.

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.