

**Univerzita Karlova v Praze
3. lékařská fakulta**

AUTOREFERÁT DIZERTAČNÍ PRÁCE

**Zlomeniny trochanterického masivu – klinické, anatomické
a biomechanické aspekty, možnosti terapie, komplikace**

MUDr. Radek Bartoška

2015

Doktorské studijní programy v biomedicině

Univerzita Karlova v Praze a Akademie věd České republiky

Obor: Experimentální chirurgie

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

Školící pracoviště: Ústav anatomie 3. LF UK,
Ortopedicko-traumatologická klinika 3. LF UK a FNKV

Autor: MUDr. Radek Bartoška

Školitel: Doc. MUDr. Václav Báča, Ph.D.

Školitel konzultant: Doc. MUDr. Jiří Skála-Rosenbaum, Ph.D.

Oponenti:

Autoreferát byl rozeslán dne

Obhajoba se koná dne v hod. kde

S dizertací je možno se seznámit na děkanátu 3. LF UK, Ruská 87, Praha 10

Souhrn

Zlomeniny horního konce stehenní kosti jsou problematikou starší populace. Incidence v České republice patří k celosvětově nejvyšším. Mezi zlomeniny horního konce stehenní kosti patří i pertrochanterické zlomeniny. Jedním z možných způsobů ošetření je i nitrodřeňový hřeb PFN Medin. Mezi výhody hřebu patří umožnění dosednutí proximálního fragmentu k diafýze stehenní kosti, a tím zlepšení kontaktu mezi fragmenty, avšak každá operace má svá rizika a komplikace. Proto jsme se rozhodli zhodnotit soubor pacientů s pertrochanterickou zlomeninou ošetřených v letech 2009–2011 hřebem PFN Medin, analyzovat, zda k dosednutí dochází a čím je dosednutí popřípadě ovlivněno a také sledovat výskyt komplikací. Celkem bylo do souboru zařazeno 304 pacientů. Zjistili jsme, že k dosednutí došlo v 195 případech (67,1 %), jež v 100 % případů proběhlo do 6 týdnů od operace. Typ zlomeniny dosednutí neovlivnil. Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v dosednutí v závislosti na délce ani umístění šroubů v krčku a hlavici. Z komplikací jsme zaznamenali 3 medializace diafýzy (0,9 %), 6 varizací (1,9 %), 4 nekrózy hlavice (1,3 %), 13 případů resorpce krčku či nekrózy krčku (4,3 %), 10 periimplantačních zlomenin (3,2 %), 4 Z-efekty (1,3 %) a 3 cut-out fenomény (1,0 %).

V biomechanické části jsme metodou konečných prvků (MKP) vytvořili model stabilní a nestabilní zlomeniny. Provedené analýzy zaměřené na umístění nosných šroubů v proximálním krčkovém fragmentu ukázaly, že u stabilních zlomenin je stabilita systému méně závislá na způsobu zavedení nosných šroubů. U nestabilních zlomenin je stabilita systému hřeb-kost závislá na pozici zavedení nosných šroubů, klíčovým faktorem je správné zavedení v axiální projekci. Pokud nejsou nosné šrouby zavedeny v axiální projekci v ose krčku, zvyšuje se riziko selhání osteosyntézy. Makroskopickou pitvou trochanterické oblasti jsme našli na 20 preparátech rizikové struktury, které mohou být poraněny při zavádění hřebu. Potvrdili jsme, že operační přístup je technicky nenáročný. Nešetrnou operační technikou může však dojít k poškození *musculus gluteus maximus et medius* či větve z *nervus gluteus superior*, které můžou být odpovědné za přetrvávající pooperační bolesti. Poranění větví *arteria circumflexae femoris medialis* může dokonce vést ke vzniku avaskulární nekrózy.

Závěrem můžeme konstatovat, že analýza metodou konečných prvků přináší validní výsledky, které je možno aplikovat i v medicíně. Dále je možné uvést, že z biomechanického a konstrukčního hlediska a na základě klinických zkušeností je hřeb PFN Medin implantát, který umožňuje bezpečné ošetření stabilních i nestabilních pertrochanterických zlomenin způsobem, který plně odpovídá současným potřebám klinické praxe.

Summary

Hip fractures are mainly problems of the elderly population. The incidence in the Czech Republic is one of the highest in the world. They include a pertrochanteric fracture as well. One possibility of its therapy is intramedullary nailing using PFN Medin. The advantages of the nailing include allowing a sliding effect of the proximal fragment to the femoral shaft which leads to the improvement of the contact between the bone fragments. But each surgical procedure has its own risks and complications. Therefore, we decided to evaluate a group of patients with pertrochanteric fractures treated in 2009–2011 with the PFN Medin nail. We analyzed the sliding effect and factors which can influence it and we monitored the incidence of complications. The study cohort covers 304 patients. We found out that the sliding of the proximal fragment was present in 195 cases (67.1%) and 100% of them occurred within 6 weeks after the surgery. The type of the fracture did not affect the sliding. There was no significant difference depending on the length or screw placement in the neck and the head of the femur. We found following complications: 3 medial displacement of the shaft (0.9%), 6 varus collapses of the proximal fragment (1.9%), 4 necroses of the head of the femur (1.3%), 13 cases of the femoral neck resorption (4.3%), 10 fractures around the nail (3.2%), 4 Z-effects (1.3%) and 3 „cut-out“ phenomena (1.0%).

We have created a model of stable and unstable fractures with the finite element method (FEM). The analyzes focused on the placement of the neck screw in the proximal fragment, showed that in stable fractures nail-bone stability is dependent on the method of placement of the neck screws. In unstable fractures the system stability depends on the placement of the neck screws, the key factor is the proper placement in the axial view. If the neck screws are not in correct placement in the axial view of the neck axis of, it increases the risk of failure of the fixation. Macroscopic dissection of the trochanteric region have revealed in 20 samples risk structures that can be injured during the nail insertion. We confirmed that the surgical approach is technically undemanding. Intrusive surgical techniques can damage gluteus maximus and gluteus medius muscles and the branches of the superior gluteal nerve, which can be responsible for persistent postoperative lateral hip pain. Injury to branches of the medial circumflex femoral artery may even lead to avascular necrosis of the femoral head.

In conclusion, we can say that the finite element analysis gives valid results that can be applied in medicine. Biomechanical, structural and clinical views support the opinion that the PFN Medin nail enables a safe treatment of stable and unstable intertrochanteric fractures in a manner that fully meets the current concepts of clinical practice.

Obsah

1. Úvod	4
2. Hypotéza a cíle práce	4
2.1. Cíle práce	5
3. Anatomie	5
4. Přehled vývoje hřebování trochanterických zlomenin	6
5. Významné klasifikace trochanterických zlomenin	7
6. Biomechanika	7
6.1. Úvod	7
6.2. Materiál a metodika	7
6.3. Výsledky numerických MKP analýz	8
6.3.1. Nestabilní pertrochanterické zlomeniny	8
6.3.2. Stabilní pertrochanterické zlomeniny	9
6.4. Diskuze	10
6.4.1. Stabilní pertrochanterické zlomeniny	10
6.4.2. Nestabilní pertrochanterické zlomeniny	10
7. Makroskopická pitva trochanterické oblasti zaměřená na obvyklá místa zavedení intramedulárních implantátů	12
7.1. Úvod	12
7.2. Metodika	12
7.3. Výsledky	12
7.4. Diskuze	12
8. Klinická část	13
8.1. Úvod	13
8.2. Soubor pacientů a metoda	13
8.3. Výsledky	13
8.4. Diskuze	15
9. Závěr	17
10. Publikace in extenso, které jsou podkladem disertace	18
10.1. s IF	18
10.2. bez IF	18
11. Publikace in extenso, které nejsou podkladem disertace s IF	19
11.1. s IF	19
11.2. bez IF	19
12. Vybraná literatura	19

1. Úvod

Zlomeniny proximálního konce stehenní kosti jsou dominantně problematikou starší populace. Od roku 1991 dochází k plynulému nárůstu zastoupení nejrizikovější skupiny obyvatelstva nad 70 let. Statistické odhady do roku 2070 ukazují, že tento trend se nebude v České republice měnit. Rovněž, incidence zlomenin proximálního konce stehenní kosti patří v České republice k nejvyšším na světě. Z těchto důvodů je toto téma vysoce aktuální. Pro korektní zhodnocení je, ale třeba rozdělit zlomeniny proximálního konce stehenní kosti do několika skupin. Nejsrozumitelnější je dělení anatomické na **zlomeniny krčku** a **zlomeniny trochanterického masivu**. Obě skupiny mají mezi sebou zásadní rozdíly, pro něž by spojení do jedné kategorie vedlo k nepřesným závěrům. Cílem překládané práce je analýza zlomenin trochanterického masivu, přesněji analýza petrochanterických zlomenin. **Konzervativní léčba** dislokovaných zlomenin přináší naprosto neuspokojivé výsledky. Trochanterické zlomeniny jsou svojí povahou a vlastnostmi ve většině případů indikovány k **osteosyntéze** nebo méně k **náhradě kyčelního kloubu**. Osteosyntéza je principiálně založena na použití dvou typů implantátů. **Extramedulární implantáty**, u nichž je část implantátu fixována ke stehenní kosti šrouby s dlahou. Představitelem je dynamický kyčelní šroub (DHS). **Intramedulární implantáty**, u nichž je k fixaci zlomeniny využita dřeňová dutina, do níž je zaveden hřeb. Osteosyntéza DHS byla ve své době velice populární, doznala širokého rozšíření včetně indikačních mezí, a i proto se začaly objevovat případy selhání, zejména u nestabilních petrochanterických zlomenin. Ošetření nestabilních petrochanterických se stalo problémem, které vedlo k otázce srovnání obou systémů (DHS versus hřeb) a jejich vzájemných výhod a nevýhod. Přes rozporuplné názory začínají v současné době převládat intramedulární systémy.

2. Hypotéza a cíle práce

Tato dizertační práce má ověřit hypotézu, zda je osteosyntéza hřebem PFN Medin vhodná k ošetření stabilních i nestabilních petrochanterických zlomenin. Dále si klade za cíl zjistit, zda způsob zavedení krčkových šroubů do proximálního fragmentu ovlivňuje chování celého systému kost-implantát na klinickém souboru a biomechanickém modelu.

Proto jsme se rozhodli zhodnotit soubor pacientů operovaných na Ortopedicko-traumatologické klinice 3. LF UK a FNKV pro petrochanterickou zlomeninu a současně provést biomechanickou a anatomickou studii.

Práce je rozdělena na teoretickou, biomechanickou, anatomickou a klinickou část. Vzhledem ke struktuře práce budou v každé kapitole diskutovány výsledky práce zvlášť.

2.1, Cíle práce:

- 1) na vytvořených MKP modelech stabilní a nestabilní pertrochanterické zlomeniny modelovat možné způsoby zavedení nosných prvků systému PFN Medin do proximálního fragmentu a identifikovat rizikové pozice, které mohou vést k selhání osteosyntézy;
- 2) zhodnotit klinický soubor pacientů s pertrochanterickou zlomeninou, ošetřených jedním typem implantátu hřebem PFN Medin;
- 3) získat vlastní anatomické výsledky v oblasti makroskopické morfologie oblasti proximálního konce stehenní kosti zaměřené na typické místo zavedení intramedulárních implantátů trochanterickým masivem a struktury, které lze poranit při zavedení hřebu;

3. Anatomie

Kyčelní kloub (*articulatio coxae*) je jednoduchý omezený kulový kloub. Je tvořen kloubní jamkou (*acetabulum*) a hlavicí stehenní kosti (*caput femoris*), která navazuje na krček stehenní kosti (*collum femoris*) a trochanterickou oblast, jež přechází do diafýzy (těla) stehenní kosti (*corpus femoris*). Při okraji acetabula začíná kloubní pouzdro, které se upíná na stehenní kost ventrálně na *linea intertrochanterica*, dorzálně na *collum femoris*. Úpon kloubního pouzdra rozděluje zlomeniny na intrakapsulární a extrakapsulární. Stehenní kost (*femur*) je z popisného hlediska rozdělena na hlavici (*caput femoris*), krček (*collum femoris*), tělo (*corpus femoris*) a distální konec rozdělený na dva kondyly (*condyli femoris*). Hlavice stehenní kosti (*caput femoris*) navazuje na krček stehenní kosti, podélná osa krčku prochází středem hlavice. Krček spojuje hlavici s trochanterickým masivem. Trochanterická oblast je vymezena velkým chocholíkem (*trochanter major*) a dorzomediálně malým chocholíkem (*trochanter minor*). Ventrálně mezi chocholíky probíhá intertrochanterická čára (*linea intertrochanterica*). Na dorzální straně je patrný mohutný intertrochanterický hřeben (*crista intertrochanterica*). Mediální plocha velkého trochanteru, zadní plocha krčku a *crista intertrochanterica* ohraničují útvar zvaný *fossa trochanterica*, do níž se upíná *musculus obturatorius externus*. *Fossa trochanterica* je jedním ze vstupních bodů (entry points) pro zavedení nitrodřeňových hřebů.

Zlomeniny proximálního femuru z popisného hlediska dělíme na **zlomeniny krčku a zlomeniny trochanterického masivu**. Zlomeniny trochanterického masivu dále dělíme na **zlomeniny pertrochanterické a intertrochanterické**. Mezi oběma skupinami jsou anatomické a biomechanické rozdíly. Hlavní lomná linie u pertrochanterické zlomeniny probíhá od velkého trochanteru mediodistálně k ma-

lému trochanteru. U intertrochanterické zlomeniny vychází hlavní lomná linie od báze velkého trochanteru medioproximálně. Proximální fragment je tvořen hlavici a krčkem s velkým trochanterem.

4. Přehled vývoje hřebování trochanterických zlomenin

První záznamy jsou spojovány s Aztéky. **Bernardo de Sahagún** (1499–1590) popsal užití dřevěných tyčí zavedených do dutiny dlouhých kostí ke zhojení pakloubu. Během 19. století vzrůstal zájem o léčbu zlomenin. Často byly používány kolíky ze slonovinové kosti, které byly vkládány do dřevěné dutiny k léčení pakloubů. Mezi prvními byli v roce 1841 **Diffenbach**, v roce 1861 **Billroth** a v roce 1870 **Bérenger**, u zlomenin tuto metodu použil v roce 1887 **Bircher**. Prvním, jenž provedl fixaci kosti nitrodřeňovým implantátem, byl **Langenbeck** v roce 1858. V roce 1918 **Hey Groves** léčil paklouby ocelovým hřebem zavedeným z oblasti velkého trochanteru. **Smith-Petersen** v roce 1925 použil třílamelový ocelový hřeb k osteosyntéze krčku a trochanterické oblasti. Zakladatelem intramedulárních technik je **Küntschner**, který v roce 1940 zavedl nitrodřeňové hřebování diafyzárních zlomenin. Společně s **Pohlem** zkonstruovali Y-hřeb.

Od 80. let 20. století dochází ke zrychlení vývoje. V roce 1980 začala firma **Howmedica** (nynější **Stryker**) vyvíjet **Gamma hřeb**. Gamma hřeb je typickým představitelem hřebu s jedním nosným prvkem do proximálního fragmentu. V roce 1986 firma **Smith and Nephew** vyvinula dlouhý předvrtaný femorální hřeb, modifikací vznikla krátká varianta pro trochanterické zlomeniny. Později vznikl nitrodřeňový skluzný šroub (**IMHS – IntraMedullary Hip Screw**). Nejnovějším hřebem je hřeb **Trigen Intertan**, u kterého je možná intraoperační komprese fragmentů. V roce 1995 firma **Synthes** představila **PFN-Proximal Femoral Nail** s jedním silným skluzným nosným šroubem a jedním slabším antirotačním šroubem. Oba šrouby byly nahrazeny jednou helikální čepelí a vznikl hřeb **PFN-A. Targon PFT** je hřeb firmy **Aesculap (BBraun)**. U PFT Targon jsou do krčkového fragmentu zaváděny dva fixační prvky, tzv. „telescrew“ a antirotační pin. Telescrew je nosný skluzný šroub, který kombinuje vlastnosti DHS (Dynamic Hip Screw) s hřebem. Vývoj hřebu **PFN Medin** je spojen s Novým Městem na Moravě a firmou **Chirana**, později **Medin a.s.** Koncepce hřebu vyšla z konstrukce dlouhého rekonstrukčního hřebu se dvěma stejnými nosnými šrouby do krčku. Hřeb PFN Medin je cílem předkládaných biomechanických a klinických analýz.

5. Významné klasifikace trochanterických zlomenin

A. Colles v roce 1818 poprvé literárně uvedl popis pertrochanterické zlomeniny. První klasifikace byla publikována v roce 1819 *A. P. Cooperem*, jenž rozdělil zlomeniny horního konce stehenní kosti na intrakapsulární a extrakapsulární. *E. T. Kocher* v roce 1896 použil rozdělení na pertrochanterické, intertrochanterické a subtrochanterické zlomeniny. Po roce 1945 byla publikována řada klasifikací. *Boyd a Griffin* se v roce 1949 patrně jako první věnovali stabilitě zlomeniny. Rozdělili trochanterické zlomeniny do čtyř skupin i dle stability zlomeniny. V roce 1949 *Evans* rozdělil trochanterické zlomeniny na dva základní typy dle hlavní lomné linie. Některé klasifikace se však nedočkali výraznějšího klinického rozšíření (*Hafner* (1951), *Wade* (1959), *Massie* (1964), *Ender* (1970), *Tronzo* (1973), *Jensen a Michaelson* (1980), *Briot* (1980)). Některé klasifikace byly používány pouze lokálně např. ve frankofonní zóně *Ramadier* (1956). *Debbrunner-Čech* (1969) rozdělili zlomeniny dle možnosti rekonstrukce Adamsova oblouku na stabilní a nestabilní. *Kyle* (1979) se vrátil k *Evansově* klasifikaci a sjednotil ji do čtyř typů. Za stabilní označil zlomeniny dvoufragmentové, jako nestabilní zlomeniny s více fragmenty. V současné době nejpoužívanější je klasifikace *AO* (1988) [12]. Klasifikace využívá alfanumerické kódování zlomenin. Trochanterické zlomeniny jsou označeny kódem 31-A, dále je dělí na pertrochanterické 31-A1-2 a intertrochanterické 31-A3. V předkládané práci bude *AO* klasifikace využita jako základní klasifikace ke zhodnocení zlomenin.

6. Biomechanika

6.1. Úvod

Cílem prezentovaných analýz **metodou konečných prvků (MKP)** bylo hodnocení odezvy kosti a hřebu **PFN-Medin** rozdílně zavedeného do modelu stabilní a nestabilní pertrochanterické zlomeniny na vnější zatížení odpovídající chůzi s cílem identifikovat rizikovou pozici, která by mohla vést k selhání osteosyntézy.

6.2. Materiál a metodika

Model 3D proximálního konce stehenní kosti byl vytvořen z CT snímků v programu *Mimics 12* a *Rhinoceros*. *MKP* analýzy byly provedeny v programu *Abaqus 6.12*. Referenčním modelem bylo zavedení obou krčkových šroubů správně v obou projekcích a ukotvení šroubů do subchondrální kosti hlavice. Stabilní zlomenina odpovídala typu 31-A1.1 a nestabilní *AO* 31-A2.3 dle *AO* [12].

V *MKP* analýzách **stabilní pertrochanterické zlomeniny** bylo hodnoceno pět různých pozic nosných šroubů. První **Model 0** byl modelem, s ideální pozicí

krčkových šroubů. Druhý **Model I** je model, v němž není horní krčkový šroub ukotven do subchondrální kosti. Třetí **Model II** je model, v němž je chybné zavedení v axiální projekci. Čtvrtý **Model III** je model, v němž nejsou oba šrouby ukotveny do subchondrální kosti. U **nestabilní pertrochanterické zlomeniny** bylo hodnoceno také pět různých pozic. První **Model 0** byl modelem s ideální pozicí krčkových šroubů. Druhý **Model I** je model, v němž není horní krčkový šroub ukotven do subchondrální kosti. Třetí **Model II** je model, v němž jsou šrouby špatně zavedeny v axiální projekci. Čtvrtý **Model III** je model, v němž nejsou oba šrouby ukotveny do subchondrální kosti hlavice. Poslední **Model IV** je model, v němž nejsou oba krčkové šrouby ukotveny do subchondrální kosti hlavice a současně jsou špatně zavedeny v axiální projekci. Model byl zatížen osamělými silami $F_{\text{reac}}=891$ N, které působí na kyčelní kloub při stožení na jedné noze bez opory. Při sledování dosednutí byly modely zatíženy odpovídající v deseti cyklech odpovídající chůzi. Pro zavedení vnějších sil byla použita vazba *distributed coupling*. Spojení krčkových šroubů s kostí pomocí vazby *tie*. Ve výpočtových analýzách byla kostní tkáň modelována jako materiál, u kterého dojde po překročení meze kluzu σ_k , k degradaci jeho mechanických vlastností.

6.3. Výsledky numerických MKP analýz

6.3.1. Nestabilní pertrochanterické zlomeniny

Analýzy byly modelovány jako kontaktní, nelineární a statické úlohy, při kterých byla zjišťována odezva na vnější zatížení. Sledována byla velikost redukováných napětí σ_{HMH} [MPa] a posuv proximálního fragmentu stehenní kosti Δ [mm] ve směru rovnoběžném s osou krčkových šroubů.

	Diafýza	Hlavice	Hřeb	Krčkové šrouby	Posuv
	σ_{HMH} [MPa]	σ_{HMH} [MPa]	σ_{HMH} [MPa]	σ_{HMH} [MPa]	Δ [mm]
Model 0	203,4	68,9	695,3	546,8	1,90
Model I	203,4	81,7	696,1	547,6	1,91
Model II	203,4	84,6	693,9	536,9	4,27
Model III	203,4	68,0	695,2	537,8	1,91
Model IV	203,4	87,2	694,0	522,8	4,27

Tabulka 1. Tabulka výsledných hodnot redukováných napětí σ_{HMH} [MPa] na jednotlivých částech výpočtového MKP modelu **nestabilní pertrochanterické zlomeniny** proximálního konce stehenní kosti a PFN Medin.

Na základě výsledků lze říci, že **systém PFN Medin je dimenzován dostatečně vzhledem k jeho zatížení a to platí nezávisle na pozici, v jaké je implantován do proximálního konce stehenní kosti.**

Odlišná je situace při hodnocení funkce hřebu PFN Medin po zatížení. Jak je patrné z tabulky 2, velikost posuvu hlavice je vysoce závislá na pozici zavedení nosných šroubů. Největší velikost posuvu Δ byla u Modelu II ($\Delta = 4,27$ mm) a Modelu IV ($\Delta = 4,27$ mm). Společným nálezem u všech modelů je zatížení oblasti blízko horního krčkového šroubu, v němž dochází k přetížení kostní tkáň (nejvíce Model II a Model IV). V Modelu 0 je rozložení σ_{HMH} rovnoměrné, a tudíž je zde nejmenší riziko „cut-outu“ šroubů. Naopak **u Modelu III na konci horního krčkového šroubu v subchondrální oblasti je vyšší koncentrace napětí, a tudíž je zde zvýšené riziko „cut-out“ fenoménu šroubu.**

6.3.2. Stabilní pertrochanterické zlomeniny

Všechny analýzy byly modelovány stejně jako u nestabilní zlomeniny. Získané výsledky MKP analýz jsou uvedeny v tabulce 2.

	Top	Bottom	Krčkové šrouby	Hřeb	Posuv
	σ_{HMH} [MPa]	σ_{HMH} [MPa]	σ_{HMH} [MPa]	σ_{HMH} [MPa]	Δ [mm]
Model 0	56,2	107,4	623,0	625,3	0,19
Model I	47,6	93,7	662,3	663,4	0,26
Model II	56,1	143,9	690,9	685,1	0,24
Model III	51,0	94,5	690,9	685,3	0,13

Tabulka 2. Tabulka výsledných hodnot redukovaných napětí σ_{HMH} [MPa] na jednotlivých částech výpočtového MKP modelu distálního konce stehenní kosti a hřebu PFN Medin.

Z výsledků simulací v Tabulce 2 je patrné, že napjatost v celém modelu je při uvažovaném zatížení dost značná. Optimální rozložení napětí je u Modelu 0. K přenosu zatížení z krčkových šroubů na hlavici dochází spíše na úrovni rozhraní hlavice a krčku. Oproti tomu u Modelu I je patrné přemístění zatížení do střední části dolního krčkového šroubu. Současně je patrné zvýšení napjatosti v oblasti hlavice v místě závitů krčkových šroubů.

Výstupem MKP analýz je hodnocení napjatosti hřebu PFN Medin. Výsledné hodnoty redukovaných napětí σ_{HMH} jsou uvedeny v Tabulce 2. Z výsledků je patrné, že zatížení PFN hřebu je při zatížení přiměřené a došlo jen k mírnému překročení velikosti hodnoty meze kluzu σ_k . V kritickém místě konstrukce PFN Medin, tj. **na hraně otvoru pro horní krčkový šroub, se nacházejí také největší kontaktní napětí**

C_{press} (Model IV: $C_{press}=1307$ MPa). Velikost těchto napětí vysoce překračuje mez kluzu σ_k ale absolutní hodnota těchto tlaků je ovlivněna systémovou chybou, kterou má MKP. Nicméně rozložení těchto kontaktních tlaků je v souladu s předpokládanými výsledky a slouží pouze pro dokreslení celé situace. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že **systém PFN Medin je dimenzován dostatečně vzhledem k jeho zatížení a to platí nezávisle na pozici, v jaké je implantován do proximálního konce stehenní kosti**. Odlišná je ale situace při hodnocení skluzného fenoménu. Jak je patrné z Tabulky 2, tak velikost posuvu v hlavici stehenní kosti je vysoce závislá na pozici, v jaké je zaveden systém PFN Medin do kosti.

6.4. Diskuze

Výsledky analýz prokázaly, že určité pozice nosných šroubů skutečně významně zvyšují riziko vzniku komplikací. **Srovnání našich výsledků s literaturou je obtížné, obdobná studie nejsou**. Základní konstrukční odlišnost hřebu PFN Medin je dána použitím dvou stejných nosných krčkových prvků. **Běžně dostupné zahraniční intramedulární implantáty většinou využívají jiné varianty nosných prvků**.

6.4.1. Stabilní pertrochanterické zlomeniny

U stabilních pertrochanterických zlomenin je za ideální implantát považován dynamický kyčelní šroub. Hrubina a spol. na biomechanickém modelu stabilní zlomeniny ošetřené DHS prokázali existenci rizikové pozice nosného šroubu [7]. Umístění nosného šroubu v horní třetině krčku femuru vede překročení limitních materiálových hodnot (mez kluzu σ_k) a hrozí riziko selhání DHS, podobné riziko je pokud není nosný šroub ukotven subchondrálně. Ideální pozicí je centrálně v krčku [7]. V MKP simulacích se stabilní zlomenina fixovaná pomocí PFN Medin jeví z pohledu charakteru a distribuce zatížení v kostní tkáni jako optimální při subchondrálním ukotvení šroubů a osovém zavedení v obou projekcích. Při porovnání zjištěných hodnot s Hrubinou a spol. [7] pro DHS nedošlo u žádného z hodnocených modelů k výraznému překročení meze kluzu σ_k . V důsledku toho je **výrazně nižší riziko selhání PFN při fixaci stabilních pertrochanterických zlomenin, než je tomu v případě použití DHS**. Na rozdíl od DHS je **stabilita a funkce PFN Medin zachována i při jiné, než optimální pozici nosných prvků v proximálním fragmentu**.

6.4.2. Nestabilní pertrochanterické zlomeniny

Odlišná situace je u nestabilních zlomenin. Kouvidis a spol. prokázali vyšší odolnost dvou nosných prvků před varizací proximálního fragmentu oproti jednomu nosnému šroubu [9]. Kubiak a spol. prokázali vyšší pevnost při užití hřebu se dvěma šrouby [10]. Dvojšroubový systém rovněž dle Nüchterna a spol. přináší

větší stabilitu i při malpozici fixačních prvků [13]. Žádná z uvedených studií, kromě Nüchterna a spol., ve svých modelových situacích nepočítala s malpozicí fixačních prvků, proto jsou výsledky s našimi zjištěnými údaji obtížně komparabilní.

Lze konstatovat, že **system PFN Medin je dimenzován optimálně vzhledem k jeho zatížení, a to platí nezávisle na pozici, v jaké je implantován do proximálního konce stehenní kosti.** Odlišná je ale situace při skluzném fenoménu. Dosednutí proximálního fragmentu je vhodné, pokud při něm dojde ke zvětšení kontaktní plochy fragmentů. Míra posuvu hlavice je vysoce závislá na pozici, v jaké je zaveden systém PFN Medin do kosti. Největší velikost posuvu byla u modelů Model II a Model IV, u nichž jsou nosné šrouby zavedeny mimo osu krčku. Tyto analýzy, ukazují na to, že **zavedení mimo osu krčku vede k nápadně většímu skluzu, a tím může naopak dojít k medializaci diafýzy a kontaktní plocha hlavních fragmentů může být naopak zmenšena, což v klinické praxi může imitovat prolongované hojení.** Nejmenší posuv je u modelu Model 0. Snížení míry skluzu zde naopak může ukazovat, že pokud se skluz děje v ose krčku, dojde ke kontaktu fragmentů dříve, než se vyčerpá samotný skluzný efekt. **V klinické praxi vítaný skluzný efekt je podmíněn pozicí nosných prvků hřebu PFN Medin, ale vysoká míra skluzu proximálního fragmentu může být naopak varováním před hrozcí medializací.** Z hodnocení velikosti a rozložení redukovaných napětí v kostní tkáni je zjevné, že **největší zatížení kostní tkáně je v Modelu IV a naopak nejmenší zatížení je v referenčním modelu Model 0** a v modelu Model III. U těchto dvou modelů je rozložení napětí rovnoměrné na horní i dolní straně krčku. U všech modelů je zatížena oblast blízko horního krčkového šroubu, u nějž dochází k přetížení kostní tkáně (nejvíce Model II a Model IV). Z tohoto pohledu je evidentní, že v Modelu 0 je rozložení σ_{HMH} rovnoměrné a tudíž je zde nejmenší riziko proříznutí (cut-out) šroubů. Naopak u Modelu III je vyšší koncentrace napětí, a tudíž je zde zvýšené riziko proříznutí („cut-out“) šroubu. Z výše uvedeného je evidentní, že v **případě fixace nestabilních zlomenin je pozice zavedení nosných prvků systému PFN zcela klíčová pro kvalitu a spolehlivost fixace zlomenin.** Nejvhodnější se zdá „pozice-Model 0“. Naopak jako kritická se jeví pozice, v níž jsou krčkové šrouby zavedeny mimo osu krčku v axiální projekci. **Situace, u níž nejsou krčkové šrouby zavedeny do subchondrální kosti hlavice, se jeví jako nevhodná, ale není to pozice kritická.**

Provedené MKP simulace pomocí mají vysokou validitu, nicméně je třeba zachovat jistou míru zdrženlivosti. Ve všech výpočtových analýzách byla použita určitá zjednodušení a zobecnění, která do jisté míry ovlivnila validitu prezentovaných výsledků. I přes tato omezení jsou výsledky provedených simulací validní a poskytují náhled na mechanismus zatížení kostní tkáně při použití fixačního systému PFN Medin.

7. Makroskopická pitva trochanterické oblasti zaměřená na obvyklá místa zavedení intramedulárních implantátů

7.1. Úvod

Intramedulární implantáty užívané k léčení trochanterických zlomenin jsou obvykle zaváděny z trochanterického oblasti. Volba vstupního bodu závisí na zvoleném implantátu. Nejčastěji jsou hřeby zaváděny z hrotu velkého trochanteru nebo z *fossa trochanterica*. Cílem studie je anatomická analýza uvedené oblasti se zaměřením na identifikaci rizikových struktur, které mohou být při implantaci hřebu poraněny a porovnání s dostupnými studiemi.

7.2. Metodika

Makroskopická pitva byla provedena na 20 fixovaných preparátech ze sbírek Ústavu anatomie 3. LF UK v Praze. V provedené studii byla sledována oblast typických míst, z nichž jsou zaváděny nitrodřeňové hřeby (vstupní body). Důraz byl kladen na identifikaci, typický průběh a úpon jednotlivých svalů (*m. gluteus medius*, *m. gluteus minimus*, *m. vastus lateralis*), jejich vztah k neurovaskulárním strukturám a možnost jejich poranění při standardním operačním přístupu.

7.3. Výsledky

Trochanter major slouží jako orientační bod při vedení operačního řezu. Dorzálně je krytý skupinou svalů. Upínají se na něj hýžděové svaly. Nejpovrchověji je *musculus gluteus maximus*, který se upíná distálně pod *trochanter major* na *tuberositas glutea*. *Musculus gluteus medius* se upíná dorzálně od *musculus gluteus minimus* a tvoří střední vrstvu. Nejhluběji a ventrálně se upíná *musculus gluteus minimus*.

Při použití standardního vstupu hřebu z vrcholu velkého trochanteru prochází hřeb snopci *musculus gluteus maximus* a posléze v hlubší vrstvě snopci *musculus gluteus medius et minimus*. V této lokalitě byla vlákna *nervus gluteus superior* a svalové větve z *arteria glutea superior* včetně doprovodných žil. Krčkové šrouby jsou zaváděny po cíliči. Incize probíhá skrz kůži, fascii a dále skrz *musculus vastus lateralis*. V rozsahu přístupu nebyly identifikovány rizikové cévní ani nervové struktury.

7.4. Diskuze

Operační přístup je považován za bezpečný a bez větších rizik. Může však dojít k poranění větve z *nervus gluteus superior*, při zavádění hřebu vláknem *musculus gluteus medius*. Vzhledem k variabilitě průběhu *nervus gluteus superior* bylo jako prevence navrženo zvýšit flexi a addukci kyčle při zavádění hřebu. Dále je možné zavést hřeb z tzv. bezpečné zóny do 5 cm od vrcholu velkého trochanteru. Dále je možné poškození šlachy *musculus gluteus medius* v místě úponu, což může vést

k pooperačním bolestem. Při přípravě zavádění hřebu vlákny *musculus gluteus medius* je třeba počítat s možností poškození nejen *nervus gluteus superior*. Další strukturou, která může být poraněna při zavádění hřebu, je větev *arteria circumflexae femoris medialis* a její terminální retinakulární větvičky. Její poranění může vést ke vzniku avaskulární nekrózy proximálního fragmentu. Lze tedy říci, že původně nenáročný a nerizikový operační přístup má svá jasná rizika a je třeba s nimi počítat a předcházet jim, např. šetrnou operační technikou.

8. Klinická část

8.1. Úvod

V klinické části byl analyzován soubor pacientů s pertrochanterickou zlomeninou, ošetřených hřebem PFN-Medin. Cílem analýzy bylo zhodnocení souboru zaměřené na technické parametry osteosyntézy, komplikace spojené s osteosyntézou. Sledováno bylo dosednutí proximálního fragmentu a faktory, které jej ovlivňují.

8.2. Soubor pacientů a metoda

Z období od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2011 jsme do studie zařadili celkem 304 pacientů s pertrochanterickou zlomeninou ošetřených implantátem PFN-Medin s dobou sledování minimálně 1 rok (1–3 roky). Zaznamenány byly demografické údaje. Na RTG snímcích byly hodnoceny předem definované faktory (zavedení nosných šroubů, dosednutí proximálního fragmentu, komplikace osteosyntézy). Hodnoceno bylo ukotvení nosných šroubů do subchondrální kosti hlavice, umístění šroubů v krčku stehenní kosti, volba úhlu hřebu ve vztahu ke kapitokolodiafyzárnímu (CCD) úhlu, volba tloušťky hřebu vzhledem k tloušťce dřevové dutiny. Sledována byla změna postavení fragmentů nebo implantátu (prořezání, Z-efekt, periimplantační zlomeniny, nekróza hlavice a krčku). Ke statistickému zhodnocení byl použit statistický a analytický software STATA 13.1.

8.4. Výsledky

V souboru bylo 233 žen (76,6 %)($p < 0.001$) a 71 mužů (23,4 %). Průměrný věk pacientů byl 81,2 roku. Ženy byly starší ($p < 0.001$). Z hlediska zastoupení zlomenin byl nejčastější typ A2.3 v 114 případech (37,5 %). Bylo prokázáno ($p = 0,005$), že **pacienti se zlomeninou A2.3 jsou o 3,8 roku starší než pacienti se zlomeninou A2.2 a o 3,5 roku starší než pacienti se zlomeninou A1.2** ($p = 0,049$). Z hlediska hodnocení zavedení systému PFN Medin byly nejčastěji nosné krčkové šrouby zavedeny subchondrálně v 162 případech (53,3 %), nejméně často byly oba nosné

šrouby krátké, v 39 případech (12,8 %). V 173 případech (56,9 %) byly nosné šrouby zavedeny do střední třetiny krčku. V souboru byl hřeb PFN Medin distálně nezajištěn v 221 případech (72,7 %), pouze v 83 případech (27,3 %) byl hřeb zajištěn.

K proximálnímu dosednutí došlo ve 195 případech (67,1 %) ($p < 0,001$). Ve skupině, v níž došlo k proximálnímu dosednutí, bylo dosednutí zaznamenáno v 100 % případů do 6 týdnů od operace. Nejméně dosednutí bylo ve skupině A1.2 ve 21 případech (55,3 %). Distální jistění neovlivňuje proximální dosednutí ($p = 0,739$). V celém souboru byly krčkové šrouby nejčastěji subchondrálně celkem v 162 případech (53,3 %), oba krátké šrouby ve 40 případech (13,2 %). Nejvíce dochází k proximálnímu dosednutí u obou krátkých šroubů (70 %) a nejnižší dosednutí bylo pozorováno u dolního krátkého šroubu (61,5 %). Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v dosednutí v závislosti na délce šroubů. Nejčastější pozice nosných šroubů v krčku byla zjištěna ve střední třetině v 173 případech (56,9 %), nejméně často ve 29 případech (9,5 %) v horní třetině krčku. Nebyl nalezen vztah mezi pozicí šroubů v krčku a proximálním dosednutím. Multivariální analýzou nebyl prokázán vztah mezi dosednutím proximálního krčkového fragmentu a distálním zajištěním hřebu ($p = 0,834$). Nebyl prokázán vliv délky šroubů zavedených do hlavice na dosednutí (horní krátký šroub $p = 0,733$, oba šrouby krátké $p = 0,578$, dolní šroub krátký $p = 0,784$). Rovněž pozice šroubů v krčku stehenní kosti (dolní třetina $p = 0,828$, střední třetina $p = 0,947$) nemá vliv na proximální dosednutí.

Ve sledovaném souboru 304 pacientů se nevyskytly intraoperační komplikace, revize rány pro hematom byla pouze v 5 případech (1,6 %), v 39 případech (12,8 %) byla zaznamenána porucha kostního hojení.

Za celé období v souboru bylo zjištěno 39 případů (12,8 %) komplikací kostního hojení. V 3 případech (0,9 %) medializace diafýzy, v 6 případech (1,9 %) varizace, v 17 případech (5,5 %) nekróza proximálního fragmentu (4 případy (1,3%) nekrózy hlavice, 13 případů (4,3 %) resorpce krčku či nekróza krčku), ve 3 (0,9 %) případech prodloužené hojení. Celkem jsme řešili 10 periimplantačních zlomenin (3,2 %). Z celkového počtu 39 komplikací bylo ve 20 případech (51,3 %) postupováno konzervativně, v 19 případech (48,7 %) byla indikována reoperace. V 5 případech byla provedena implantace totální endoprotézy kyčle, čtyřikrát byla použita osteosyntéza LCP dlahou, třikrát konverze na dlouhý hřeb PFN Medin long, dvakrát bylo provedeno distální dozajištění hřebu, jednou dynamizace hřebu, čtyřikrát extrakce nosných šroubů. Komplikace s kostním hojením se ve skupině A1.1 nevyskytly, u A2.1 byly 4 (6,9 %) u typu A2.2 jich bylo 11 (12,0 %). Nejvíce komplikací bylo u A1.2, tj. z celkem 32 případů 6 (15,7 %), a u A2.3 v 15,7 % (18 případů ze 114). Statistickou analýzou nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v četnosti komplikací mezi jednotlivými typy zlomenin. Dále jsme zaznamenali

7 případů (2,3 %) migrace osteosyntetického materiálu. Ve čtyřech případech (1,3 %) se jednalo o Z-efekt, ve třech případech (1,0 %) o proříznutí.

8.4. Diskuse

V našem souboru převládají ženy nad muži. Z hlediska zastoupení dle AO většinu zlomenin tvořili nestabilní typy. Prokázali jsme, že pacienti s **nestabilní zlomeninou AO 31A2.3 jsou starší** než pacienti se zlomeninou AO 31A2.2 a AO 31A1.2. Hodnotili jsme technické parametry osteosyntézy, jejich vliv na chování proximálního fragmentu. Výhodou většiny současných implantátů je umožnění skluzu (dosednutí) proximálního krčkového fragmentu k diafýze stehenní kosti. Loch a spol. zjistili, že skluzný efekt je výrazně ovlivněn konstrukcí hřebu [11]. V našem souboru jsme prokázali, že **ke skluzu dochází v 67 % případů**. Nepodařilo se nám signifikantně prokázat vazbu na typ zlomeniny. Očekávali jsme, že dosednutí proximálního fragmentu je ovlivněno způsobem, jakým jsou zavedeny nosné šrouby. Ukázalo se, že **nejčastěji dochází k dosednutí, když oba šrouby nejsou ukotveny do subchondrální kosti hlavice**. Vzhledem k tomu, že v recentní literatuře není obdobná studie dostupná, je porovnání obtížné. Jediný parametr, který jsme vzhledem k designu studie neposuzovali, je ukotvení nosných šroubů v axiální projekci. Domníváme se, že právě zavedení a ukotvení nosných prvků v axiální projekci může hrát významnou roli v těchto dynamických jevech. Tato pozorování s jistou obezřetností podporují i výsledky naší biomechanické studie.

Další částí studie je rozbor komplikací. Výskyt infekčních komplikací se uvádí v rozmezí 1,3–3,6 %. **V našem souboru jsme nezaznamenali hlubokou ani povrchovou infekci**. Samostatnou kapitolou jsou komplikace s kostním hojením. Setkali jsme se celkem s 39 komplikacemi (12,8 %). Sledována byla nekróza hlavice stehenní kosti, jež je raritní komplikací. Baixauli a spol. v roce 1999 publikovali soubor 12 pacientů, výskyt v jejich souboru byl 0,5 %. Nezjistili příčinu vzniku, pouze upozornili na rizikový faktor poškození cévní anastomózy při bázi krčku stehenní kosti [1]. Výskyt v našem souboru byl 1,3 %. Bartoníček a spol. v roce 2007 a analyzovali 8 případů a za rizikovou dobu vzniku nekrózy hlavice označili období do 4 let od úrazu [3]. V našem souboru vznikla nekróza hlavice ve třech případech do jednoho roku a v jednom případě ve třetím roce od operace. Etiologie nekrózy proximálního fragmentu je dále nevyjasněná. Strukturální změny krčku se vyskytly v našem souboru ve 13 případech (4,2 %). Na rentgenovém snímku se charakteristické změny ve srovnání s nekrózou hlavice objevují relativně brzy. Typická je redukce kostní tkáně krčku a povyjetí nosných šroubů. Bartoníček identifikoval u 6 z 8 případů sekundární lomnou linii při bázi krčku, tyto nálezy však nemůžeme potvrdit [2]. S nárůstem používání intramedulárních implantátů se začaly objevovat

srovnávací práce mezi intra-extramedulárními implantáty. Bridle a spol. v roce 1991 porovnali DHS a Gamma hřeb, nenalezli signifikantní rozdíly. Pouze u Gamma hřebu uvedli čtyři případy zlomeniny v okolí hřebu (2,0 %). Příčiny viděli ve tvaru hřebu, v napětí, které vyvolává špička hřebu na diafýzu (*tip-effect*) a v oslabení diafýzy po předvrtání [5]. Za další příčinu zlomenin v okolí hřebu bylo označeno distální jištění. V našem souboru se nepodařilo prokázat vztah mezi zajištěním a vznikem zlomeniny. Analýzy komplikací tedy vedly ke změnám v konstrukci hřebu, přesto se nadále setkáváme s periimplatačními zlomeninami, které dosahují incidence 1,5–6 %. V našem souboru jsme řešili 10 periimplantačních zlomenin (3,3 %). V porovnání s publikovanými studii je náš počet nižší. Oblast trochanterického masivu je vzhledem ke svému anatomickému upořádání velmi dobře prokrvena, proto je prodloužené hojení vzácné. Setkali jsme se třemi případy (0,9 %), kdy ke zhojení došlo až po 7 měsících od operace. Cruz-Sanchez a spol. zjistili, že diastáza více než 3 mm mezi hlavními fragmenty může vést k prodlouženému hojení.[6]. V našem pozorování jsme ve všech případech toto zjištění mohli potvrdit.

Migraci nosných šroubů (*3x cut-out*, *4x Z-effect*) jsme zaznamenali v 7 případech (2,3 %). Bojan a spol. analyzovali soubor pacientů s Gamma hřebem s výskytem „*cut outu*“ v 1,8 % případech [5]. V našem souboru byl výskyt 1 %. Z efektu jsme zaznamenali celkem čtyři případy (1,3 %). Vysvětlení tohoto děje není zcela jasné, zvažuje se vliv špatné repozice, u níž byl CCD úhel menší než 125°. Komplikací tohoto typu je tak málo, že statistické zhodnocení nepřineslo žádné signifikantní výsledky. Přesto jsme u stabilních zlomenin nezaznamenali žádný případ migrace. Toto pozorování je ve shodě s biomechanickou studií, která ukázala, že k překročení meze kluzu k u stabilních zlomenin nedochází a systém PFN Medin dokáže tolerovat i mírně odlišné zavedení nosných prvků než například DHS [7, 8]. Jiná situace je u nestabilních (31-A2.2–31-A2.3) a potencionálně nestabilních zlomenin (31-A2.1), všech sedm případů migrace se vyskytlo právě u těchto zlomenin. Hrubina a spol. prokázal na MKP modelu DHS, že zavedení nosného šroubu do horní části krčku je rizikové z hlediska překročení meze kluzu σ_k [7]. Pokud na náš sledovaný soubor aplikujeme výsledky naší biomechanické studie, lze s jistotou opatrností uvést, že zavedení nosných šroubů do střední a horní třetiny krčku v předozadní projekci a současně nekorektně v axiální projekci, je rizikovější z hlediska selhání osteosyntézy. Přesto malý počet klinických komplikací při porovnání s výsledky biomechanické studie minimálně poukazuje na zvýšené riziko migrace osteosyntetického materiálu při nekorektním zavedení, zejména v axiální projekci. Právě v této situaci je celý systém hřeb-kost vystaven enormním silám, které mohou vést k selhání osteosyntézy.

9. Závěr

Tato dizertační práce měla ověřit hypotézu, zda je osteosyntéza hřebem PFN Medin vhodná k ošetření stabilních i nestabilních pertrochanterických zlomenin. Zjistit, zda způsob zavedení nosných krčkových šroubů dokáže ovlivnit chování celého systému kost-implantát. Cílem práce bylo zhodnotit klinický soubor pacientů, v biomechanické části nalézt možné rizikové pozice zavedení nosných šroubů. V morfologické studii zaměřené na entry point pro hřeb nalézt struktury, které mohou být při zavedení hřebu poraněny. Hypotéza byla ověřena a cíle práce splněny.

1. Potvrdili jsme, že analýzy metodou konečných prvků přináší validní výsledky. Prokázali jsme, že při řešení stabilních pertrochanterických zlomenin je stabilita celého systému hřeb kost méně závislá na způsobu zavedení nosných šroubů do proximálního fragmentu. Hřeb PFN Medin dokáže u stabilních zlomenin tolerovat i jiné než optimální zavedení nosných šroubů. U nestabilních zlomenin je stabilita celého systému závislá na pozici zavedení nosných šroubů. Z výsledků je patrné, že klíčovým faktorem je pozice krčkových šroubů v axiální projekci. Cílem je zavedení ve střední části krčkového fragmentu v axiální projekci. Pokud je porušena tato podmínka, je osteosyntéza zlomeniny méně stabilní, a tím se zvyšuje riziko selhání osteosyntézy (medializace nebo proříznutí). Při dodržení správného osového zavedení nosných šroubů do krčkového fragmentu v axiální projekci není ovlivněna stabilita systému PFN Medin hloubkou zavedení krčkových šroubů do hlavice.

2. V klinické části bylo potvrzeno, že při respektování zásad implantace hřebu PFN Medin (správná volba tloušťky hřebu, vstupní bod v oblasti hrotu velkého trochanteru, správná volba úhlu hřebu vzhledem k CCD úhlu, zavedení nosných šroubů v předozadní projekci do dolní třetiny krčku stehenní kosti, v axiální projekci ve středu krčku, ukotvení nosných šroubů do subchondrální kosti hlavice) je hřeb PFN Medin implantátem, který je vhodný k ošetřování stabilních i nestabilních pertrochanterických zlomenin. Výskyt komplikací je minimálně srovnatelný, ne-li nižší než u implantátů zahraniční provenience.

3. Makroskopickou pitvou jsme ověřili, že původně nenáročný a nerizikový operační přístup má svá jasná rizika. Nešetrnou operační technikou může dojít při zavádění hřebu k poškození vláken *musculus gluteus maximus et medius* či větve z *nervus gluteus superior*, které může být odpovědné za přetrvávající pooperační bolesti. Poranění větve z *arteria circumflexa femoris medialis* a jejích větví může dokonce vést ke vzniku avaskulární nekrózy. Závěrem můžeme konstatovat, že z hlediska biomechanického a konstrukčního a na základě klinických zkušeností je hřeb PFN Medin implantát, který umožňuje ošetření stabilních i nestabilních pertrochanterických zlomenin způsobem, který plně odpovídá současným potřebám klinické praxe.

10. Publikace in extenso, které jsou podkladem disertace

10.1. s IF

1. **BARTOŠKA, Radek**; BÁČA, Václav; KACHLÍK, David; MARVAN, Jiří a Valér DŽUPA. The correlation between muscles insertions and topography of break lines in pertrochanteric fractures: a comprehensive anatomical approach of complex proximal femur injuries. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2013, **35**(10), 957-962. ISSN 0930-1038. DOI: 10.1007/s00276-013-1124-2. **IF: 1.333/2013**.
2. **BARTOŠKA, Radek**. Měření průměru hlavice femuru: klinická studie. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2009, **76**(2), 133-136. ISSN 0001-5415. **IF: 1.628/2009**.
3. SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří; BARTONÍČEK, Jan a **Radek BARTOŠKA**. Is distal locking with IMHN necessary in every pertrochanteric fracture? *International Orthopaedics*. 2010, **34**(7), 1041-1047. ISSN 0341-2695. DOI: 10.1007/s00264-009-0874-2. **IF: 1.561/2010**.
4. HRUBINA, Maroš; HORÁK, Zdeněk; **BARTOŠKA, Radek**; NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. Computational modeling in the prediction of Dynamic Hip Screw failure in proximal femoral fractures. *Journal of Applied Biomedicine*. 2013, **11**(3), 143-151. ISSN 1214-021X. DOI: 10.2478/v10136-012-0017-8. **IF: 1.775/2013**.
5. SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří; DŽUPA, Valér; **BARTOŠKA, Radek**; ŘÍHA, Daniel; WALDAUF, Petr a Václav BÁČA. Subsequent contralateral hip fractures: can at-risk patients be identified? An observational study of 5,102 patients. *International Orthopaedics*. 2015, **39**(4), 755-760. ISSN 0341-2695. DOI: 10.1007/s00264-014-2646-x. **IF: 2.110/2014**.
6. BARTONÍČEK, Jan; VÁVRA, Jaroslav a **Radek BARTOŠKA**. Operative treatment of avascular necrosis of the femoral head after slipped capital femoral epiphysis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2011, **131**(4), 497-502. ISSN 0936-8051. DOI: 10.1007/s00402-010-1161-9. **IF: 1.369/2011**.
7. POPELKA, Ondřej; SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří; **BARTOŠKA, Radek**; WALDAUF, Petr; KRBEC, Martin a Valér DŽUPA. Typ zlomeniny a interval úraz-operace jako rizikové faktory pro vznik avaskulární nekrózy hlavice femuru po osteosyntéze intrakapsulárních zlomenin krčku. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2015, **82**(4), 282-287. ISSN 0001-5415. **IF: 0.388/2014**.
8. BARTONÍČEK, Jan; VÁVRA, Jaroslav; **BARTOŠKA, Radek** a Petr HAVRÁNEK. Operative treatment of avascular necrosis of the femoral head after proximal femur fractures in adolescents. *International Orthopaedics*. 2012, **36**(1), 149-157. ISSN 0341-2695. DOI: 10.1007/s00264-011-1272-0. **IF: 2.319/2012**.

10.2. bez IF

1. BARTONÍČEK, Jan a **Radek BARTOŠKA**. Trochanterické zlomeniny – anatomie a klasifikace. *Rozhledy v chirurgii*. 2013, **92**(10), 581-588. ISSN 0035-9351.
2. SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří; DOUŠA, Pavel a **Radek BARTOŠKA**. Hřebování pertrochanterických zlomenin - operační technika. *Rozhledy v chirurgii*. 2013, **92**(10), 607-614. ISSN 0035-9351.

3. HRUBINA, Maroš; HORÁK, Zdeněk; SKOTÁK, Miroslav; **BARTOŠKA, Radek** a Valér DŽUPA. Možnosti využití počítačového modelování při analýze specifických komplikací metody DHS. *Lékař a technika*. 2012, **42**(1), 26-32. ISSN 0301-5491.
4. BARTONÍČEK, Jan; SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří; DŽUPA, Valér; SVATOŠ, Filip a **Radek BARTOŠKA**. Cervikokapitální náhrada u intrakapsulárních zlomenin krčku femuru. *Rozhledy v chirurgii*. 2005, **84**(2), 88-95. ISSN 0035-9351.
5. SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří; BARTONÍČEK, Jan a **Radek BARTOŠKA**. Eroze acetabula po cervikokapitální náhradě kyčelního kloubu: Klinicko-biomechanická studie. *Rozhledy v chirurgii*. 2009, **88**(10), 596-602. ISSN 0035-9351.

11. Publikace in extenso, které nejsou podkladem disertace

11.1. s IF

1. BÁČA, Václav; KACHLÍK, David; BÁČOVÁ, Tereza; **BARTOŠKA, Radek**; MARVAN, Jiří; DOUŠA, Pavel; SECREST, Thomas Ownsby a Valér DŽUPA. Anatomist and the pioneer of radiology Étienne Destot-95th anniversary of his death. *Clinical Anatomy*. 2014, **27**(3), 282-285. **IF: 1.332/2014**.
2. BÁČA, Václav; BÁČOVÁ, Tereza; GRILL, Robert; OTČENÁŠEK, Michal; KACHLÍK, David; **BARTOŠKA, Radek** a Valér DŽUPA. Pudendal nerve in pelvic bone fractures. *Injury*. 2013, **44**(7), 952-956. **IF: 2.462/2013**.
3. MARVAN, Jiří; DŽUPA, Valér; **BARTOŠKA, Radek**; KACHLÍK, David; KRBEC, Martin a Václav BÁČA. Transfixace nestabilních zlomenin hlezna Kirschnerovými dráty: indikace, technika provedení a výsledky. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2015, **82**(3), 216-221. **IF: 0.388/2014**.
4. WIDIMSKÝ, Petr; MOŤOVSKÁ, Zuzana; HAVLŮJ, Lukáš; ONDRÁKOVÁ, Martina; **BARTOŠKA, Radek**; BITTNER, Lukáš; DUŠEK, Ladislav; DŽUPA, Valér; KNOT, Jiří; KRBEC, Martin; MENCL, Libor; PACHL, Jan; GRILL, Robert; HANINEC, Pavel; WALDAUF, Petr a Robert GÜRLICH. Perioperative cardiovascular complications versus perioperative bleeding in consecutive patients with known cardiac disease undergoing non-cardiac surgery: Focus on antithrombotic medication. The PRAGUE-14 registry. *Netherlands Heart Journal*. 2014, **22**(9), 372-379. **IF: 1.837/2014**.

11.1. bez IF

5. DŽUPA, Valér; DŽUPOVÁ, Olga; BENDOVIÁ, Eva; ZÁHORKA, Jiří; RICHTER, V.; **BARTOŠKA, Radek**; SKÁLA-ROSENBAUM, Jiří a Michal ZÍDKA. Infekční komplikace operační léčby poranění pohybového aparátu: přehled rizikových faktorů a etiologických agens za roky 2000-2005. *Klinická mikrobiologie a infekční lékařství*. 2007, **13**(6), 242-247.

12. Vybraná literatura

1. BAIXAULI, E. J.; BAIXAULI jr., F.; BAIXAULI, F. a J. A. LOZANO. Avascular necrosis of the femoral head after intertrochanteric fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 1999, **13**(2), 134-137.
2. BARTONÍČEK, J. Complication of Trochanteric Fracture. In: WADDLE, J. *Fractures of the Proximal Femur: Improving Outcomes*. 1st Ed. Philadelphia: Saunders, 2010, s. 171-173.

3. BARTONÍČEK, J.; FRÍČ, V.; SKÁLA-ROSENBAUM, J. a P. DOUŠA. Avascular necrosis of the femoral head in pertrochanteric fractures: A report of 8 cases and a review of the literature. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2007, **21**(4), 229-236.
4. BOJAN, A. J.; BEIMEL, C.; SPEITLING, A.; TAGLANG, G.; EKHOLM, C. a A. JÖNSSON. 3066 consecutive Gamma Nails. 12 years experience at a single centre. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2010, **11**, 133, 1-10.
5. BRIDLE, S. H.; PATEL, A. D.; BIRCHER, M. a P. T. CALVERT. Fixation of intertrochanteric fractures of the femur. A randomised prospective comparison of the gamma nail and the dynamic hip screw. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 1991, **73**(2), 330-334.
6. CRUZ-SÁNCHEZ, M.; TORRES-CLARAMUNT, R.; ALIER-FABREGÓ, A. a S. MARTÍNEZ-DÍAZ S. Salvage for nail breakage in femoral intramedullary nailing. *Injury*. 2015, **46**(4), 729-733.
7. HRUBINA, M.; HORÁK, Z.; BARTOŠKA, R.; NAVRÁTIL, L. a J. ROSINA. Computational modeling in the prediction of Dynamic Hip Screw failure in proximal femoral fractures. *Journal of Applied Biomedicine*. 2013, **11**(3), 143-151.
8. HRUBINA, M.; SKOTÁK, M.; KRUMPL, O.; MÍKA, P. a J. LETOCHA. Zlomení osteosyntetického materiálu u pacientů se zlomeninou proximálního femuru ošetřenou DHS. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(3), 146-150.
9. KOUVIDIS, G. K.; SOMMERA, M. B.; GIANNOUDIS, P. V.; KATONIS, P. G. a P. BOTLAG. Comparison of migration behavior between single and dual lag screw implants for intertrochanteric fracture fixation. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2009, **4**, 16, 1-9.
10. KUBIAK, E. N.; BONG, M.; PARK, S. S.; KUMMER, F.; EGOL, K. a K. KOVAL. Intramedullary fixation of unstable intertrochanteric hip fractures: one or two lag screws. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2004, **18**(1), 12-17.
11. LOCH, D. A.; KYLE, R. F.; BECHTOLD, J. E.; KANE, M.; ANDERSON, K. a R. F. HERMAN. Forces required to initiate sliding in second-generation intramedullary nails. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1998, **80**(11), 1626-1631. ISSN 0890-5339.
12. MÜLLER, M. E.; NAZARIAN, S. KOCH, P. a kol. *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones*. 1st ed. Berlin: Springer-Verlag, 1990.
13. NÜCHTERN, J. V.; RUECKER, A. H.; SELLENSCHLOH, K.; RUPPRECHT, M.; PÜSCHEL, K.; RUEGER, J. M.; MORLOCK, M. M. a W. LEHMANN. Malpositioning of the lag screws by 1- or 2-screw nailing systems for pertrochanteric femoral fractures: a biomechanical comparison of gamma 3 and intertan. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2014, **28**(5), 276-282.

