

# DISERTAČNÍ PRÁCE

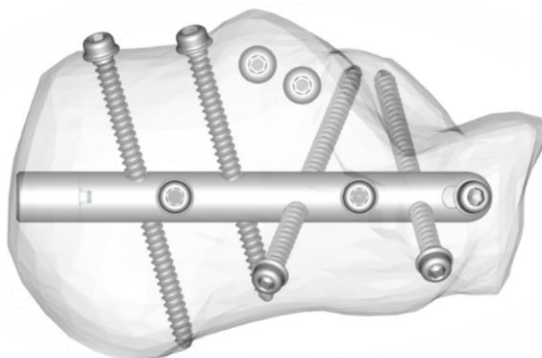
OBOR: CHIRURGIE P5170

**Kalkaneální hřeb C-NAIL,**

**porovnání implantátů pro osteosyntézu zlomeniny patní kosti**

Experimentální a klinická studie

Školící pracoviště: Traumatologické oddělení FN Olomouc



Doktorand: MUDr. Martin Pompach

Oddělení úrazové chirurgie Pardubice

Školitel: Doc. MUDr. Igor Čížmář, Ph.D.

Traumatologické oddělení FN Olomouc

2016

Prohlašuji, že jsem vypracoval disertační práci zcela samostatně podle metodických pokynů školitele a na základě použité literatury.

MUDr. Martin Pompach

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval svému školiteli panu doc. MUDr. Igorovi Čižmářovi, Ph.D. a svému primářovi MUDr. Martinovi Cardovi za umožnění postgraduálního studia, cenné rady a konzultace.

Za spolupráci děkuji všem lékařům a sestřám oddělení úrazové chirurgie nemocnice Pardubice.

Děkuji za dlouholetou spolupráci, cenné rady a konzultace profesorovi Hansovi Zwippovi z úrazové kliniky v Drážďanech. *Ich danke sehr Herrn Prof. Dr. Hans Zwipp aus Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie Dresden für langjährige Zusammenarbeit und wertvolle Beratungen.*

Za spolupráci děkuji firmě MEDIN a.s., Nové Město na Moravě

## **1. Obsah:**

1. Obsah.....	4
2. Cíl disertační práce.....	6
3. Anatomie patní kosti.....	7
4. Diagnostika.....	9
5. Klasifikace.....	12
6. Dosavadní léčebné metody a studie.....	14
7. Operační postup při ORIF.....	15
8. Experimentální část (A).....	19
8.1. úvod.....	19
8.2. materiál a metoda.....	20
8.3. výsledky.....	25
8.3.1. kostní minerální denzita.....	25
8.3.2. zatížení do selhání (LTF).....	25
8.3.3. cyklické zatížení.....	26
8.3.4. Böhlerův úhel.....	26
8.3.5. korelace denzity a zatížení.....	27
8.3.6. pohyb mezi fragmenty.....	27
8.4. diskuse.....	28
8.5. závěr experimentální části.....	29
9. Klinická část (B).....	30
9.1. úvod.....	30
9.2. materiál a metoda.....	30
9.3. kazuistika.....	38
9.4. výsledky.....	41
9.5. diskuse.....	51
10. Závěr disertační práce.....	52

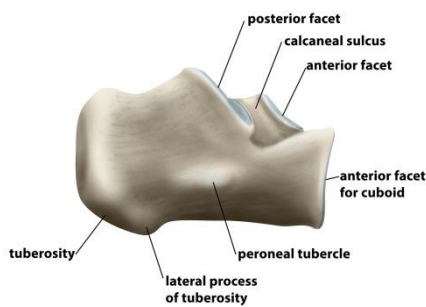
11. Seznam publikací (citace).....	53
12. Seznam prezentací autora.....	56

## **2. Cíl disertační práce:**

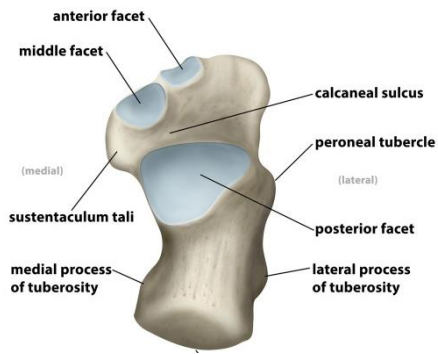
V disertační práci jsou prezentovány výsledky použití nové metody pro osteosyntézu zlomeniny patní kosti v praxi metodou hřebování C-NAIL. Jsou porovnány výsledky biomechické zkoušky (experimentální část) a výsledky léčby (klinická část) s dosavadními metodami léčby zlomeniny patní kosti. Vzhledem k vysokému počtu velmi závažných komplikací při hojení měkkých tkání po otevřené repozici a osteosyntéze patní kosti pomocí dlahy, byla přesunuta pozornost k miniinvazivním metodám. Výsledkem spolupráce s profesorem Hansem Zwippem z Univerzitní kliniky v Drážďanech bylo vyvinutí nového implantátu k osteosyntéze patní kosti – hřebu C-NAIL. Disertační práce je rozdělena na dvě základní části. První experimentální část (A) se zabývá biomechanickým zátěžovým testem, kdy jsou porovnány výsledky osteosyntézy zlomeniny patní kosti na kadaveru v laboratorních podmínkách třech různých implantátů (hřeb C-NAIL<sup>®</sup>, hřeb Calcanail<sup>®</sup>, dlahy Rimbus<sup>®</sup>). Druhá klinická část (B) se věnuje porovnání výsledků léčby při použití různých operačních metod a implantátů. V prvním období (1997-2005) byla použita metoda zavřené repozice a vnitřní fixace pomocí Kirschnerových drátů či šroubů (CRIF) nebo otevřené repozice a vnitřní fixace pomocí dlahy (ORIF). V druhém období (2012-2015) jsou uvedeny výsledky použití nové miniinvazivní metody nitrodřeňovou fixací subtalárním přístupem.

### **3. Anatomie patní kosti:**

Pro úspěch léčby je nutná přesná znalost anatomie patní kosti a její vztah k okolním strukturám. Kalkaneus je největší z tarzálních kostí, tvořící zadní část podélné klenby nohy. Na horní ploše patní kosti dominují tři kloubní plochy a to zadní, střední a přední kloubní plocha (faseta) (Obr.1a,b), komunikující s hlezenní kostí. Střední kloubní plocha je umístěna na sustentaculum tali. Přední plochu tvoří v celém rozsahu kloubní plocha s os cuboideum. Mezi důležité orientační linie a úhly patří Böhlerův úhel (Obr. 2), který je tvořen průsečíkem linií spojujících nejvyšší bod zadního a předního okraje kalkanea. Fyziologické rozmezí je značně variabilní (25° - 40°). Gissaneův úhel (Obr. 3) určuje přední sklon zadní kloubní plochy (120° - 140°).

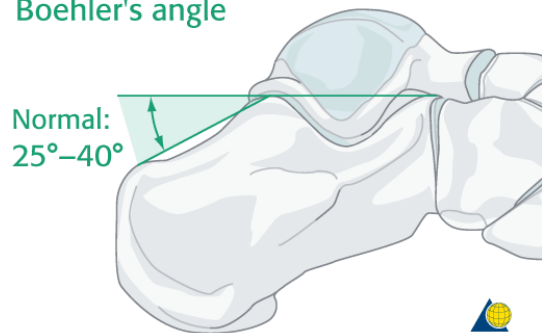


Obr. 1a - Anatomie patní kosti – boční zevní pohled

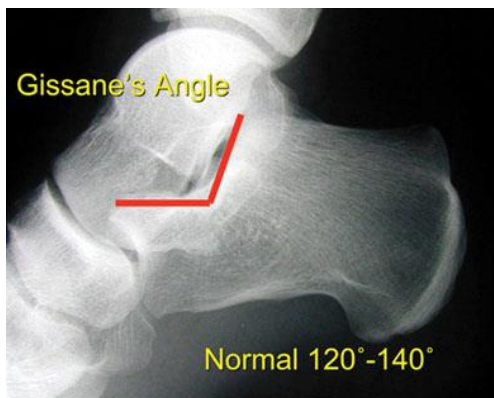


Obr. 1b - Anatomie patní kosti - pohled shora

### Boehler's angle



Obr. 2 Böhlerův úhel



Obr. 3 - Gissaneův úhel



#### **4. Diagnostika:**

##### **a) Anamnéza a epidemiologie:**

Do úrazové ambulance přicházejí nejčastěji pacienti s anamnézou mechanismu úrazu pádu z výšky (pracovní úrazy - např. tesaři, zedníci, česači ovoce) nebo sportovní úrazy (např. horolezci). Méně častou příčinou zlomenin patních kostí jsou autonehody nebo jiné příčiny. Muži jsou zastoupeni v souboru častěji než ženy a to v poměru 9:1. Zlomeniny patní kosti tvoří celkem 2% všech zlomenin a z toho 60% zlomenin v oblasti nohy. Často mají sezónní charakter. Je patrný vyšší výskyt v jarních a podzimních měsících.

##### **b) Klinické příznaky:**

Základním příznakem je bolest v oblasti hlezna či paty, často je mylně diagnostikována distorze hlezenného kloubu a pacient je propuštěn do domácího ošetřování. Z dalších příznaků je patrné omezení funkce (nemožnost došlápnout na patu), přítomnost otoku, hematomu, či již vytvořené puchýře (buly) různého počtu či velikosti a obsahu (Obr. 4a,b).



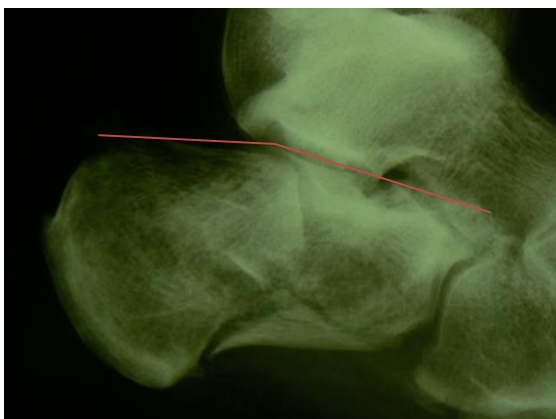
Obr. 4a - Otok, hematom a puchýře jsou častým průvodním příznakem zlomeniny patní kosti. Často limitují včasný chirurgický zákrok.



Obr. 4b – Extrémní otok a hematom na mediální straně nohy. V tomto případě se jedná o otevřenou zlomeninu patní kosti klasifikace Tscherne O1.

c) Rentgenová diagnostika:

Při podezření na zlomeninu patní kosti jsou provedeny vždy pacientovi standardní nativní RTG snímky v bočné (Obr. 5), axiální, případně dorzoplantární projekci. Při pozitivním nálezu je doplněna Brodenova projekce, při které se zobrazí zadní kloubní plocha kalkanea, případně i přítomné lomné linie. Pro správnou diagnostiku, klasifikaci a předoperační rozvahu je vždy nutné provést CT vyšetření patní kosti, nejlépe s 3D rekonstrukcí (Obr. 6a, b, c, d). Pro posouzení individuální hodnoty velikosti Böhlerova úhlu je vhodné zhotovit též nativní bočný snímek zdravé patní kosti.



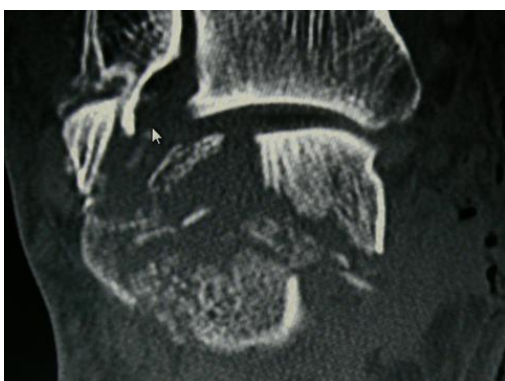
Obr. 5 – Zlomenina patní kosti se sníženým Böhlerovým úhlem, zadní kloubní plochy je dislokována plantárně.



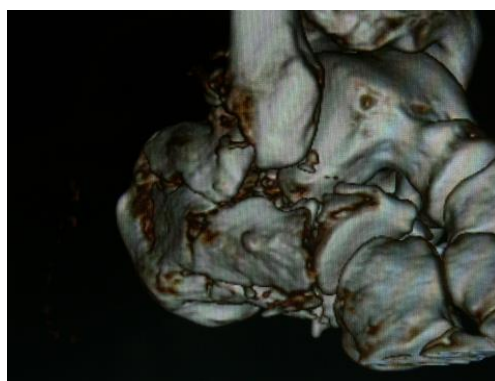
Obr. 6a



Obr. 6b



Obr. 6c



Obr. 6d

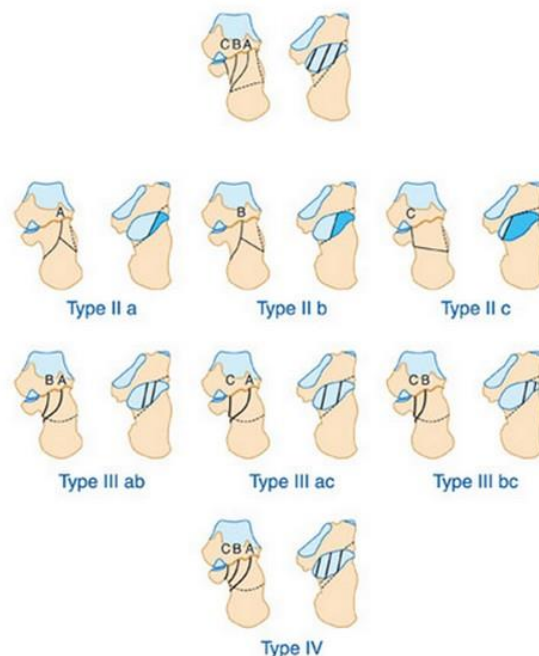
Luxační zlomenina patní kosti. Zadní kloubní plocha je hrubě dislokována pod apex zevního kotníku, který rozlamuje. Šíře dislokace činí 4 cm. Jedná se o zlomeninu, kterou je nutné řešit urgentně. Extrémně dislokovávané fragmenty poškozují měkký tkáně a vytvářejí tak kompartment syndrom.

a-axiální projekce, b-sagitální projekce, c-frontální projekce, d-3D rekonstrukce

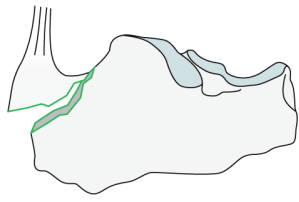
## 5. Klasifikace:

V literatuře je popisována celá řada klasifikací zlomenin patních kostí, které je možné použít. Jednou z nejnámějších a v praxi nejvíce využívaných je klasifikace dle Sanderse (Obr. 7), která vychází z počtu a umístění lomných linií na zadní kloubní ploše kalkaneu (Sanders I-IV). Dále klasifikace AO (Obr. 8), Essex-Lopresti (Obr. 9), Zwipp (Obr. 10) a další. AO klasifikace přiřazuje patní kosti číselné označení 81.2. A,B,C. (A-extraartikulární, B-intraartikulární, C-luxační zlomeniny), Essex-Lopresti dělí zlomeniny na extraartikulární a intraartikulární. Intraartikulární dělí dále na kloubně depresní typ (joint depression type) a jazykový typ (tongue type). Klasifikace dle Zwippa je založena na součtu fragmentů a poraněných kloubních ploch, eventuálně s připočtením jednoho bodu za vedlejší zranění, jako je například přidružená zlomenina zevního kotníku nebo otevřená zlomenina.

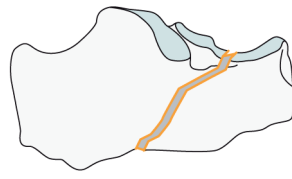
a) Sanders klasifikace (Obr. 7):



b) AO klasifikace (Obr. 8):

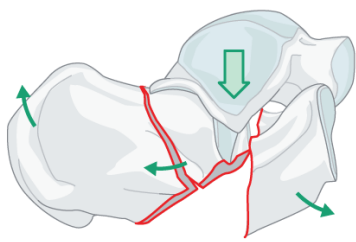


AO 81.2 A

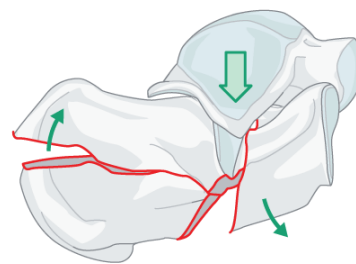


AO 81.2 B

c) Essex-Lopresti klasifikace (Obr. 9):

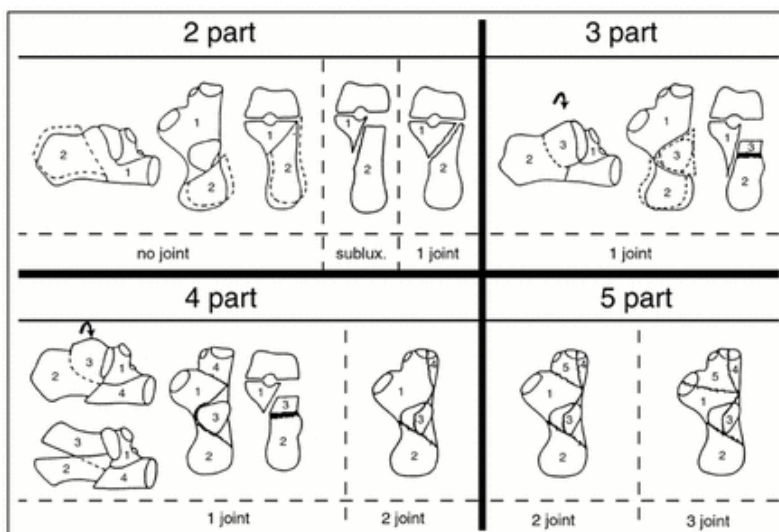


Depression-type fracture 



Tongue-type fracture 

d) Zwipp klasifikace (Obr. 10):



## **6. Dosavadní léčebné metody a studie v předešlém období na našem oddělení:**

Na úrazovém oddělení nemocnice Pardubice bylo od roku 1997 do konce roku 2005 ošetřeno celkem 170 pacientů se 185 zlomeninami patních kostí (tedy z toho 15 oboustranně). V souboru převládali muži a to v 90%. Věkové rozmezí od 16 do 76 let. Průměrný věk pacientů 45,3 roku. Od roku 1999 se zvýšila operativita zavřenou metodou - repozice a fixace Kirschnerovými dráty (Obr. 11) a od roku 2000 přibyla i otevřená metoda léčby. Konzervativně bylo ošetřeno 72 zlomenin, CRIF (zavřená repozice a vnitřní fixace - Kirschnerovy dráty nebo šrouby - Obr. 12) 91 zlomenin, ZF (zevní fixace) 3 zlomeniny, ORIF (otevřená repozice a vnitřní fixace - dlaha) 16 zlomenin. Spongioplastika byla použita 19 krát a z toho umělá výplň (kostní cement) použita celkem 3 krát. V roce 2006 byly zhodnoceny komplikace po operacích zlomeniny patní kosti. Z následující tabulky je patrné, že z různých komplikací převažuje vznik artrózy v subtalárním kloubu při použití konzervativního postupu. Artotické změny subtalárního kloubu bývají hlavní příčinou bolestí. Další pozorovanou komplikací byl vznik impingement syndromu peroneálních šlach.

1997-2005	Konzervativně (40%)	CRIF (49%)	ORIF (9%)
<b>Impingement</b>	8%	7,7%	0%
<b>Infekt v ráně</b>	0%	2,2%	<b>12,5%</b>
<b>Osteomyelitis chronica</b>	0%	0%	<b>12,5%</b>
<b>Subtalární artróza</b>	18,7%	12,1%	0%

Tab. 1 – Přehled komplikací jednotlivých operačních metod za první sledované období (1997-2005) a jejich četnost.

Při diagnostikovaném impingement syndromu peroneálních šlach bylo zhotoveno kontrolní CT patní kosti, kde v několika případech byla exostóza na laterální straně patní kosti jednoznačnou příčinou bolestí a omezení hybnosti ve směru pronace hlezna. Následně byla indikována resekce exostózy vždy s uspokojivým výsledkem pro pacienta (Tab. 1). Byl zaznamenán také vznik chronické osteomyelitidy (ORIF - dlaha), z nichž v jednom případě se jednalo o rozvinutí sepse s ohrožením pacienta na životě (Obr. 15).



Obr. 11 – CRIF (zavřená repozice a vnitřní fixace pomocí Kirschnerových drátů).

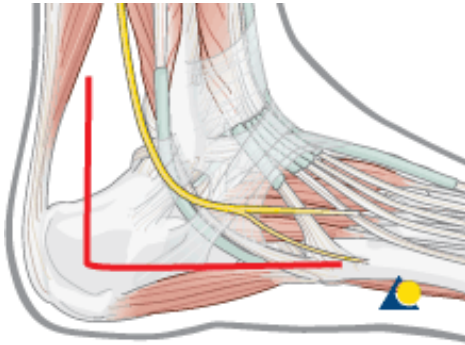


Obr. 12 – Osteosyntéza pomocí jednotlivých kortikálních šroubů 3,5 mm, je patrný samostatný šroub na fixaci zadní kloubní plochy.

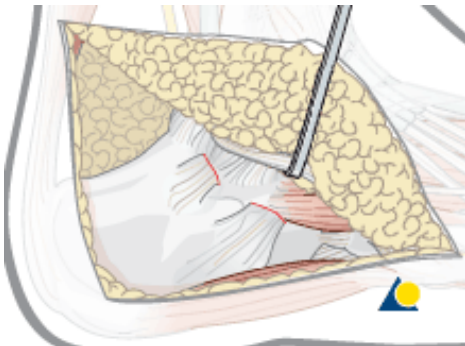
## **7. Operační postup při ORIF (otevřená repozice a vnitřní fixace - dlahy):**

Pacient je polohován na operačním stole na zdravém boku a operovanou končetinu máme podloženou s přiloženým turniketem na stehně. Prodlouženým laterálním řezem pronikáme ostře až k patní kosti a odklopujeme celý kožní lalok i s podkožím (Obr. 13a,b). Odklopený lalok fixujeme ohnutými Kirschnerovými dráty zavedenými do hlezenné kosti. Vyplachujeme ránu a odstraňujeme krevní koagula. Reponujeme jednotlivé kostní fragmenty a tím obnovujeme kongruenci zadní kloubní plochy. Kostní fragmenty fixujeme dočasně Kirschnerovými dráty. Po repozici dochází ke vzniku dutiny ve spongiozní části patní kosti. Jako výplň jsme několikrát použili autogenní nebo alogenní spongioplastiku, v některých případech i kostní biodegradabilní cement (Obr. 14). Fragmenty jsou fixovány úhlově stabilní dlahou (LCP) pro fixaci patní kosti (Obr. 13c). Repozice úlomků a správné umístění dlahy je kontrolována pomocí RTG zesilovače. Do operační rány je vložen Redonův drén a rána je uzavřena jednotlivými stehy (Obr. 13d).





Obr. 13a – Prodloužený laterální přístup – kožní řez



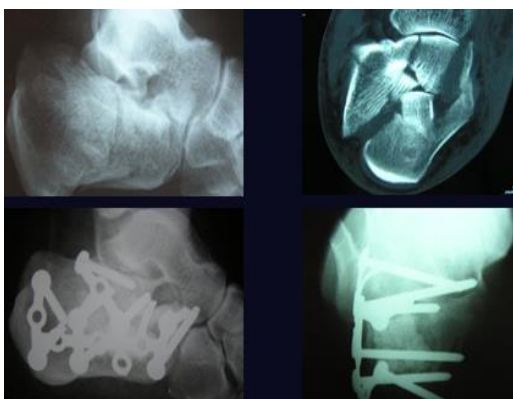
Obr. 13b – Odklopení kožního laloku



Obr. 13c – Umístění dlahy pro fixaci fragmentů patní kosti



Obr. 13d – Stav po sutuře prodlouženého laterálního přístupu. Hojení operační rány v oblasti oblouku je vždy rizikové, často zde hrozí vznik okrajové nekrózy.



Obr. 14 – LCP a výplň vzniklé dutiny biodegradabilním cementem.



Obr. 15 – Hluboký infekce po osteosyntéze patní kosti (ORIF), prodloužený laterální přístup, dlaha, chronická osteomyelitis.

## (A) EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 8. Experimentální část

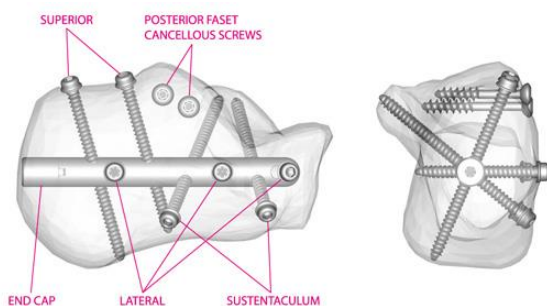
**8.1. Úvod:** Otevřená repozice a vnitřní fixace dlahou jsou dnes považované za zlatý standard léčby dislokovaných nitrokloubních fraktur patní kosti<sup>1-3</sup>. Osteosyntéza dlahami vyžaduje rozšířený laterální přístup s vysokým rizikem rozvoje komplikací hojení operační rány<sup>4,5</sup>. Některé minimálně invazivní techniky se mohou vyhnout těmto komplikacím, jsou však spojené pouze s omezenou stabilitou konstrukce (Kirschnerovy dráty, samostatné šrouby). Z tohoto důvodu byly vyvinuty pro osteosyntézu patní kosti dva různé typy zajištěných hřebů, které umožňují minimálně invazivní operační přístup s dostatečnou stabilitou celé konstrukce. Cílem této experimentální části práce, biomechanické studie, bylo kvantifikovat primární stabilitu minimálně invazivních systémů zajištěných hřebů do kosti patní ve srovnání použití standardní metody a to osteosyntézy pomocí úhlově stabilní dlahy. Dle nulové hypotézy se primární stabilita různých systémů zajištěných hřebů a zajištěné dlahy neměla během biomechanického testování lišit. Při srovnání různých fixačních systémů nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v sekvenci zatížení do selhání, Böhlerově úhlu a pohybu mezi fragmenty. Významný rozdíl byl nalezen u selhání v dynamické testovací sekvenci, kde selhalo 87,5 % implantátů Calcanail a pouze 14 % implantátů ve skupině C-Nail. Nejvyšší zátěž do selhání byla zjištěna u implantátu C-Nail. Böhlerův úhel vykazoval fyziologické rozmezí u všech implantátů před biomechanickými testy a po nich. Charakteristiky implantátu určovaly relativní pohyb prvků fraktury.

## 8.2. Materiál a metoda:

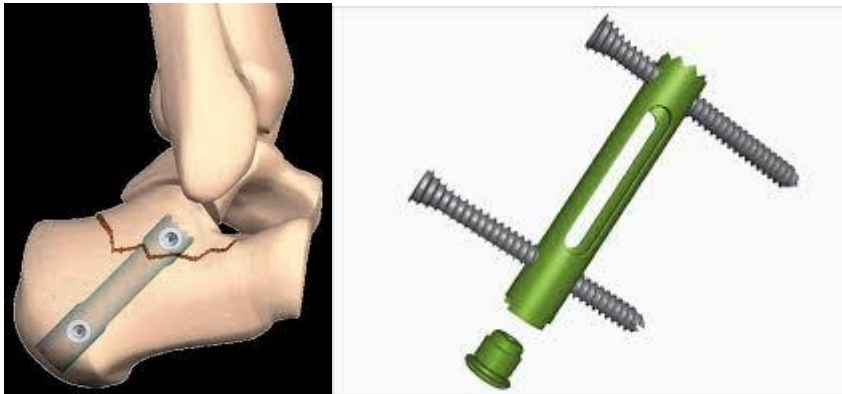
Bylo použito 21 zmražených vzorků paty (MedCure, Portland, OR, USA) s rovnoměrným zastoupením pohlaví a stran <sup>6</sup>. Všechny vzorky byly uchovávány ve zmraženém stavu ve dvou plastových obalech při teplotě -20 °C (Obr. 19). Vzorky se k testu ponechaly rozmrazit přes noc při pokojové teplotě <sup>7</sup>. Před přípravou prošly všechny vzorky denzitometrickým vyšetřením na počítačové tomografii - CT (Aquilion 64, Toshiba Medical Systems Europe B.V., Zoetermeer, Nizozemí), kterým byla prokázána nepřítomnost kostních patologií u všech vzorků. Po odstranění kůže a měkkých tkání byl vytvořen model fraktury Sanders IIB <sup>5,8,9</sup> (Obr. 20). V parasagitální rovině byla na úrovni processus anterior provedena další osteotomie. Po repozici byly fragmenty před definitivní fixací dočasně fixovány Kirschnerovými dráty (Obr. 21).

K osteosyntéze byly použity následující implantáty:

- (1) hřeb C-Nail (Medin, Nové Město n. Moravě, Česká republika) (Obr. 16)
- (2) hřeb Calcanail (FH Orthopedics SAS, Heimsbrunn, Francie) (Obr. 17 a,b)
- (3) polyaxiální dlahy Rimbus (Intercus GmbH Rudolstadt, Německo) (Obr. 18)



Obr. 16 – Calcaneal Nail – C-NAIL



Obr. 17 a,b - Calcaneal



Obr. 18 – Polyaxiální úhlově stabilní dlaha Rimbus

V předchozí studii měla dlaha Rimbus lepší biomechanické vlastnosti než jiné zajištěné dlahy <sup>10</sup>. Všechny implantáty byly zavedeny dle doporučení výrobce. Dlaha byla fixována 6 šrouby v definovaných polohách (processus anterior, subtalární oblast, tuber patní kosti). Kromě toho byl u všech vzorků fixovaných zajištěnými hřebíky zaveden další subtalární šroub tak, aby byla zajištěna fixace rozlomené zadní kloubní plochy patní kosti. Vzorky byly usazeny do testovacího zařízení a oblastí tuberu patní kosti fixovány do veterinárního kostního cementu PMMA (Demotec 95, Demotec Inc., Nidderau, Německo) <sup>6,10,11</sup> (Obr. 22).



Obr. 19 – Zmražený preparát připravený ke kalkanektomii a biomechanickému testu.



Obr. 20 – Oscilační pilou vytvořená zlomenina typu Sanders IIB.

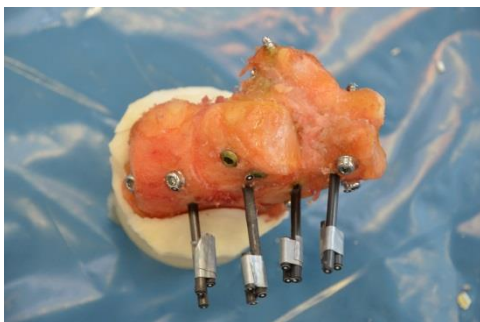


Obr. 21 – Osteosyntéza patní kosti jednotlivými implantáty.



Obr. 22 - Zavedený implantát v patní kosti po osteosyntéze (C-NAIL) upevněný do fixačního zařízení.

Fixační zařízení bylo individuálně upraveno ve 3 rovinách, aby byla zajištěna anatomická poloha zadní části nohy. Processus anterior se opíral o tlumič ve tvaru os cuboideum. Hydraulickým testovacím zařízením byla individuálně vytvořeným PMMA cementovým talem přenesena příslušná zátěž (MTS, Eden Prairie, MN, USA). Na každý fragment byly připevněny alespoň 3 značky (Obr. 23). Tyto značky sloužily k detekci třírozměrného pohybu mezi fragmenty pomocí optického měřicího systému PONTOS 5M, GOM mbH, Braunschweig, Německo<sup>12</sup>. Tento měřicí systém je schopen detekovat mikropohyby menší než 5  $\mu\text{m}$  <sup>12,13</sup>. V analýze pohybu mezi fragmenty byl jako místní referenční bod použit tuber patní kosti.



Obr. 23 – Extenzometrické snímače pohybu fragmentů.



Obr. 24 – Patní kost se zavedeným implantátem připravená k biomechanickému testu.

Nejprve bylo provedeno dynamické cyklické zatížení. Test začal se zátěží 1000 N, která se zvyšovala až do 2500 N v krocích po 100 N po 100 cyklech (úvodní zátěž 20 N; 1Hz). Pokud konstrukce odolala, následovala sekvence zatížení do selhání. Selhání bylo definováno jako dosažení maximální zátěže 5000 N nebo  $0^\circ$  gradientu v deformačním diagramu zatížení <sup>14</sup>. Údaje zátěžové deformace z hydraulického testovacího zařízení (Obr. 24) byly registrovány pomocí víceúčelového testovacího softwaru FlexTest 40 (MTS, Eden Prairie, MN, USA). Pohyb mezi fragmenty byl detekován pomocí dvou kamer CCD připojených k počítači <sup>12</sup>.

Po osteosyntéze všech vzorků a po biomechanických testech proběhla fluoroskopická analýza öhlerova úhlu (Ziehm Vario 3D, Ziehm Imaging GmbH, Nürnberg, Německo). Böhlerův úhel byl definován jako fyziologický v rozsahu 20 až  $40^\circ$  <sup>15</sup>.



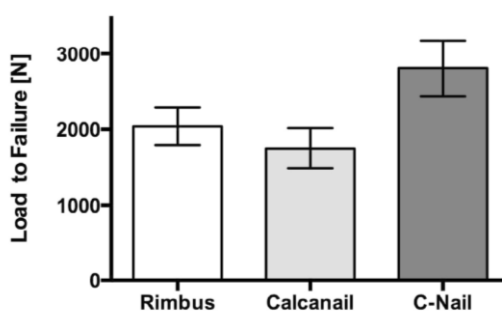
### 8.3. Výsledky:

#### 8.3.1. Kostní minerální denzita

Kostní minerální denzita všech vzorků byla ve všech skupinách identická (Rimbus  $151,9 \pm 66,1 \text{ mg/cm}^3$ , C-Nail  $157,1 \pm 39,5 \text{ mg/cm}^3$ , Calcanail  $162,6 \pm 49,8 \text{ mg/cm}^3$ ). Nebyly zjištěny žádné významné rozdíly.

#### 8.3.2. Zatížení do selhání (LTF)

LTF bylo analyzováno po biomechanických testech. Pouze u jednoho vzorku s implantátem C-Nail bylo dosaženo maximální zatížení 5000 N. Skupina s hřebíky C-Nail vykazovala nejvyšší zatížení do selhání s průměrnou silou 2808 ( $\pm 973,6$ ) N. LTF s dlahou Rimbus bylo 2041 ( $\pm 603,6$ ) N a s hřebem Calcanail 1751 ( $\pm 756,3$ ) N (Obr. 25). Kromě toho byl analyzován počet selhání v dynamické testovací sekvenci. V dynamické testovací sekvenci došlo k selhání u 87,5 % vzorků ošetřených pomocí systému Calcanail, 66 % pomocí dlahy Rimbus a pouze 14 % pomocí hřebu C-Nail.



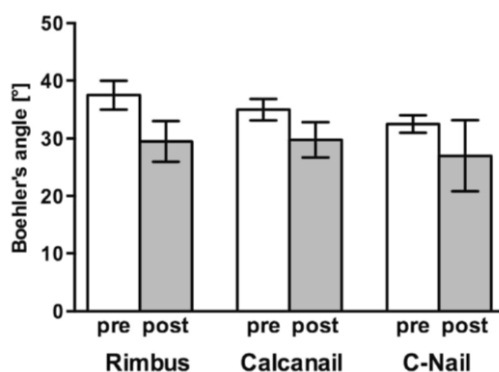
Obr. 25 – Selhání jednotlivých implantátů do zatížení

### 8.3.3. Cyklické zatížení

Analýza tuhosti během sekvence dynamického testování prokázala vyšší tuhost ve skupině Calcanail ( $600,5 \pm 451,6$  N/mm). Následoval systém Rimbus ( $532,8 \pm 211,9$  N/mm) a C-Nail ( $497,5 \pm 171,6$  N/mm). Vzhledem k malému počtu vzorků, které vydržely prvotní testování a postoupily do testování zatížení do selhání (9/21) nebylo možné provést statistickou analýzu rozdílů.

### 8.3.4. Böhlerův úhel

Po osteosyntéze a po selhání v kterékoli testové sekvenci byl změřen Böhlerův úhel. Všechny implantáty měly fyziologický Böhlerův úhel před biomechanickými testy a po nich. Nejnižší pokles Böhlerova úhlu byl detekován ve skupině Calcanail ( $3,6 \pm 2,96^\circ$ ) po biomechanickém testování. Vyšší změny Böhlerova úhlu byly pozorovány u vzorků s hřebem C-Nail ( $8,0 \pm 14,09^\circ$ ) a ve skupině Rimbus ( $15,0 \pm 6,06^\circ$ ). Žádné z těchto změn nebyly statisticky významné (Obr. 26).



Obr. 26 – Retence Böhlerova úhlu po zatížení.

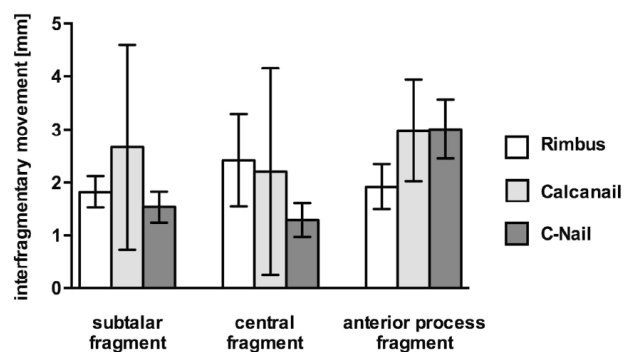
### 8.3.5. Korelace mezi kostní minerální denzitou a zatížením do selhání ve třech skupinách

#### implantátů

Kostní minerální denzita nekorelovala s maximální zatížitelností.

### 8.3.6. Pohyb mezi fragmenty

Mezi třemi skupinami nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v pohybech mezi fragmenty během zatížení. Nejvyšší pohyb mezi fragmenty byl detekován u fragmentu processus anterior ve skupinách Calcanail a C-Nail. Jednalo se však o jediný fragment, u kterého dlahy Rimbus vykazovala nižší mobilitu ve srovnání s oběma systémy hřebů. C-Nail vykazoval nejnižší pohyby fragmentu subtalárního kloubu a centrálního fragmentu (Obr. 27).



Obr. 27 – Rozdíly v pohybech jednotlivých fragmentů implantátů.

#### 8.4. Diskuse

Cílem této studie bylo stanovit primární stabilitu nedávno zavedených systémů zajištěných hřebů ve srovnání se zajištěnou dlahou s variabilním úhlem ve vnitřní fixaci dislokovaných intraartikulárních fraktur kostí patní. Před biomechanickým testováním byl vyloučen vliv variabilní kostní minerální denzity. Vzorke ve třech experimentálních skupinách vykazovaly identickou kostní minerální denzitu.

Maximální zatížení dle protokolu bylo dosaženo pouze u jednoho vzorku ze skupiny hřebu C-Nail. Během dynamického testování vykazoval C-nail významně nižší výskyt selhání ve srovnání se systémem Calcanail, což značí, že sedm způsobů zajištění, se dvěma z nich fixními k sustentakulárnímu fragmentu poskytuje vyšší stupeň primární stability než samostatné dvojité zajištění. Nebyla zjištěna žádná korelace mezi kostní minerální denzitou a zatížením do selhání. Studie in-vitro prokázala vyšší hodnoty zatížení do selhání než naše měření, což lze přisoudit odlišnému protokolu zatížení v sekvenci dynamického testování a použití modelových vzorků typu Sawbone<sup>10</sup>. Modely typu Sawbone mají 1,5krát vyšší hustotu než kadaverózní vzorky od dospělých jedinců. Na základě srovnání nejsou modely typu Sawbone dále doporučovány k biomechanickým studiím patní kosti<sup>6</sup>. Rozdíly v naměřené tuhosti mezi konstrukcemi používajícími hřeby a dlahy byly potvrzeny i předchozí studií<sup>4</sup>.

Rozdíly pohybu mezi fragmenty zjištěné mezi třemi implantáty lze považovat za důsledek konstrukčních rozdílů nebo rozdílných typů modelu fraktury. Nejvýraznější pohyb mezi fragmenty byl detekován u centrálního fragmentu ve skupině Rimbus. Zvolené rozložení šroubů v experimentu tento problém neřešilo. Hřeby C-Nail a Calcanail vykazovaly nejvýznamnější relativní pohyb ve fragmentu processus anterior. Systém Calcanail nezahrnuje processus anterior do stabilizace fraktury. Fragment nesoucí subtalární kloub vykazoval

nejmenší míru pohybu u všech tří typů implantátů. Zjistili jsme tedy, že nitrodřeňové hřeby jsou v podmínkách in vitro mechanicky kompetentní a ekvivalentní zajištěné dlaze s variabilním úhlem. Tato studie má určité limitace. Kompletní odstranění všech měkkých tkání potřebné k dosažení adekvátní fixace v testovací soupravě vedlo k nefyziologické eliminaci vlivů měkkých tkání, například tahu Achillovy šlachy<sup>6,16</sup>. Tato studie je omezena pouze na model jedné fraktury. Linie fraktury vytvořené oscilační pilou se liší od fraktur v klinických podmínkách.

### **8.5. Závěr experimentální části:**

V experimentální části disertační práce bylo prokázáno, že primární stabilita systémů zajištěných patních hřebů testovaná na standardizovaném kadaverózním modelu fraktury není horší než stabilita zajištěné dlahy, u které je doložen vysoký stupeň primární stability ve srovnání s jinými dlahami<sup>10,11</sup>. Proto lze v klinických podmínkách používat oba zajištěné hřeby pro osteosyntézu zlomeniny patní kosti. Patní hřeby (C-nail<sup>®</sup>, Calcanail<sup>®</sup>) v klinickém použití mohou kompenzovat nevýhody většiny minimálně invazivních stabilizačních technik (Kirschnerovy dráty, izolované šrouby, malé dlahy), které mají značně omezenou primární mechanickou stabilitu<sup>17,18</sup>. Oba zajištěné patní hřeby představují vhodnou možnost terapie dislokovaných nitrokloubních fraktur patní kosti.

## **B) KLINICKÁ ČÁST**

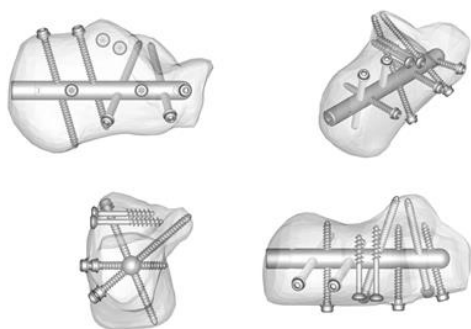
### **9. Klinická část:**

#### **9.1. Úvod:**

V období čtyř roků (2012-2015) bylo odoperováno na oddělení úrazové chirurgie Pardubice celkem 149 zlomenin patních kostí pomocí nové miniinvazivní metody – patního hřebu C-NAIL. K vyhodnocení funkčních výsledků bylo použito mezinárodně uznávané skórovací schéma AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society). Tímto vyhodnocovacím systémem byli kontrolováni pacienti vždy po půl a po jednom roce od operace. Dále bylo vyhodnoceno obnovení sníženého Böhlerova úhlu, rozvoj subtalární artrózy a stav hojení operační rány. Bylo zjištěno, že patní hřeb C-NAIL umožňuje miniinvazivním způsobem dosáhnout dobrou repozici kloubní plochy a vysokou biomechanickou stabilitu fragmentů zlomeniny patní kosti při výrazně nižším výskytu komplikací oproti stávajícím metodám operační léčby zlomeniny patní kosti.

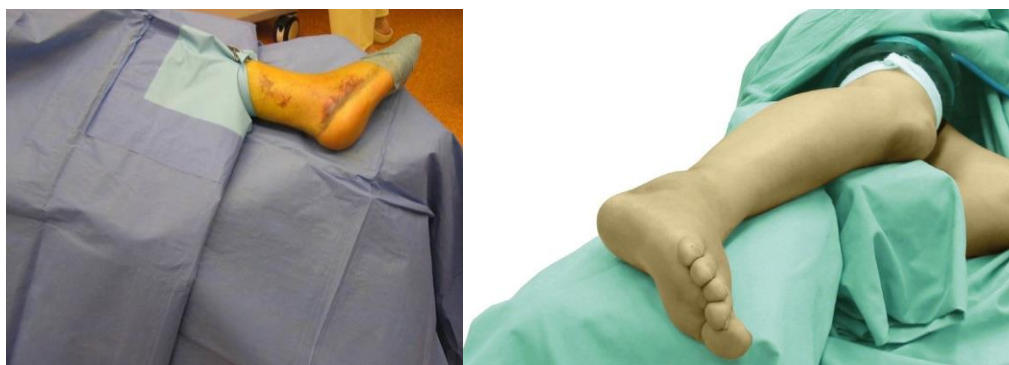
#### **9.2. Materiál a metoda:**

C-NAIL je ocelový nekanylovaný hřeb délky 65 mm a průměru 8 mm, který je možné dle potřeby prodloužit zátkou po 5 mm až na délku 85 mm. Po repozici rozlomené zadní kloubní plochy a ostatních fragmentů patní kosti je fixována zlomenina hřebem a celkem až 7 šrouby pomocí cílicího zařízení. Na schématu je z různých úhlů patrné, jak je hřeb do patní kosti zaveden (Obr. 28).



Obr. 28 - C-NAIL zavedený do patní kosti pod úponem Achillovy šlachy směrem na střed CC-klobou.

Jednotlivé fragmenty patní kosti mohou být fixovány celkem až sedmi šrouby, a to dvěma sustentakulárními, třemi bočnými a dvěma horními. Základním principem celé operace je repozice, docílená přehledným miniinvazivním přístupem pomocí subtalárního přístupu (Sinus Tarsi Zugang). Během operace je pacient na operačním stole v poloze na zdravém boku s přiloženým turniketem na stehně operované končetiny (Obr 29). Po důkladné dezinfekci a zarouškování operačního pole provádíme rovný řez pod apexem fibuly směrem k bazi pátého metatarzu. Průměrná délka incize se pohybuje kolem 4 cm. V případě náročnější repozice můžeme incizi prodloužit oběma směry. Při řezu nesmíme poranit peroneální šlachy (Obr 30).

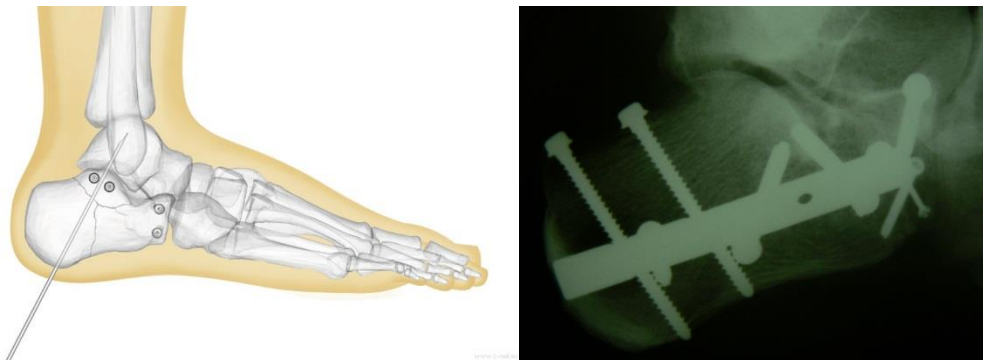


Obr. 29 - Poloha pacienta na boku s podloženou operovanou končetinou.



Obr. 30. - Operační přístup – „Sinus Tarsi Zugang (STZ)“.

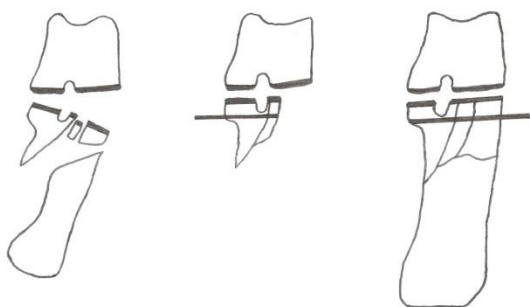
Tímto přístupem je proniknuto velmi dobře do subtalárního kloubu, evakuován hematoma, vypláchnuta krevní koagula dostatečným množstvím fyziologického roztoku (500 ml), dokud není jasný přehled o lomných liniích zadní kloubní plochy. Při nutnosti repozice dislokovaných fragmentů v oblasti processus anterior je možno z krátké incize (Ollierův přístup) provést repozici a doplnit osteosyntézu před zavedením hřebu samostatnými šrouby (Obr. 31).



Obr.31 - C-NAIL doplněn fixací processus anterior samostatnými šrouby 3,5 mm, 2,0 mm a 1,5 mm.

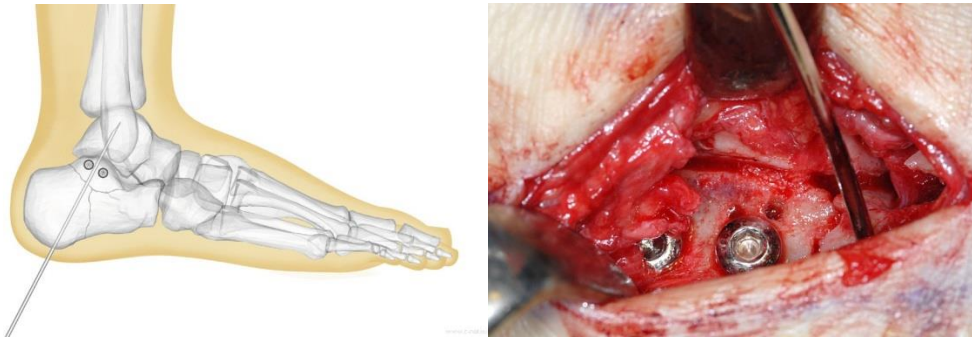


Repozice rozlomené zadní kloubní plochy je provedena vždy směrem od mediální k laterální straně. Již na předoperačním CT vyšetření je patrné, v jaké pozici se fragmenty nacházejí. Pokud je dislokovaný a sklopený sustentakulární fragment, začínáme s jeho repozicí jako první. Dočasná fixace fragmentů je zajištěna pomocí Kirschnerových drátů. Ke zreponovaným fragmentům je následně přireponován další fragment, které je postupně fixováno. S výhodou lze použít metodu Inside-Out (Obr. 32), kdy je nejprve napříč mediálním fragmentem provrtán Kirschnerův drát přes kůži celé nohy na mediální stranu (asistent drží zvednutou končetinu). Retrográdně jsou poté fixovány doreponované mezifragmenty.



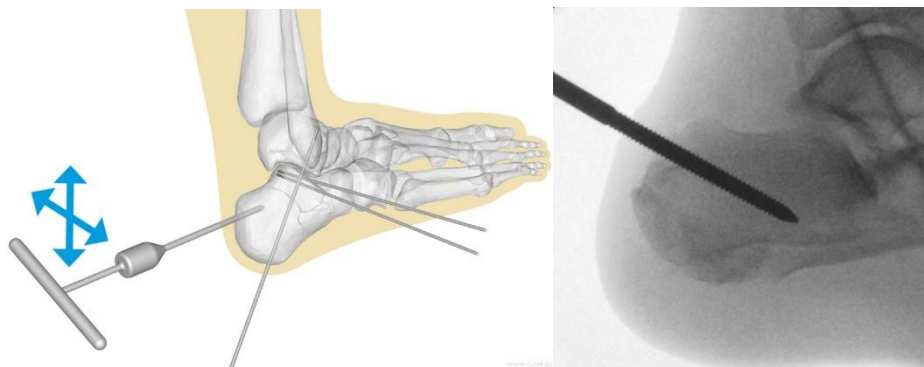
Obr. 32 - repoziční manévr „Inside-Out“

Některé fragmenty jsou velmi hluboce dislokovány až k plantě a obtížně se reponují pomocí raspatoria. Po repozici zadní kloubní plochy jsou fragmenty dočasně fixovány Kirschnerovými dráty (1,4 mm). Správnost repozice je kontrolována pomocí Brodenovy projekce či artroskopicky<sup>19</sup>. Konečná fixace zadní kloubní plochy je provedena pomocí dvou spongiózních šroubů 4,0 mm s krátkým závitem (16 mm), které směřují směrem na sustentaculum tali a vytváří tak spolu se sustentakulárními šrouby v hřebu pevný celek, který zabrání kolapsu zadní kloubní plochy a propadnutí Böhlerova úhlu (Obr. 33).



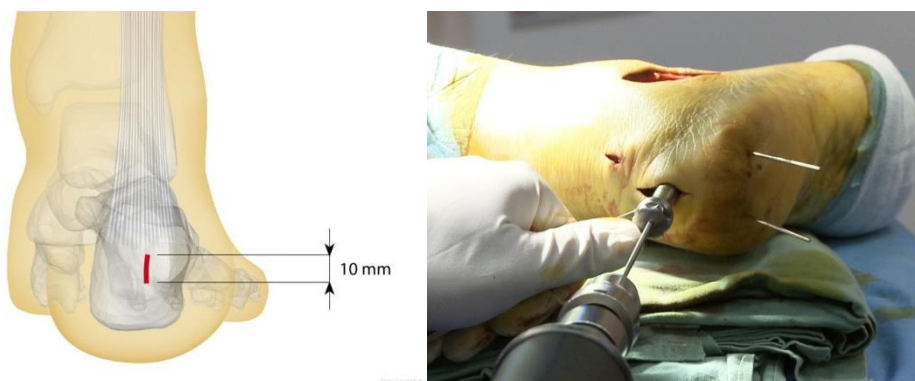
Obr. 33 - Samostatné spongiózní šrouby 4,0 mm s krátkým závitem 16 mm pod zadní kloubní plochou směřující na sustentaculum tali.

Dalším krokem je obnova Böhlerova úhlu a správné osy patní kosti. K tomu je možno využít Schanzův šroub, zavedený do tuber calcanei a elevatorium, kterým je nadzvednuta celá zadní kloubní plocha (Obr 34). Správné postavení je zafixováno dvěma Kirschnerovými dráty (2,0 mm) z tuber calcanei směrem do talu, jeden drát umístěn laterálně a jeden mediálně a to tak, aby mezi ně mohl být v dalším kroku zaveden hřeb.

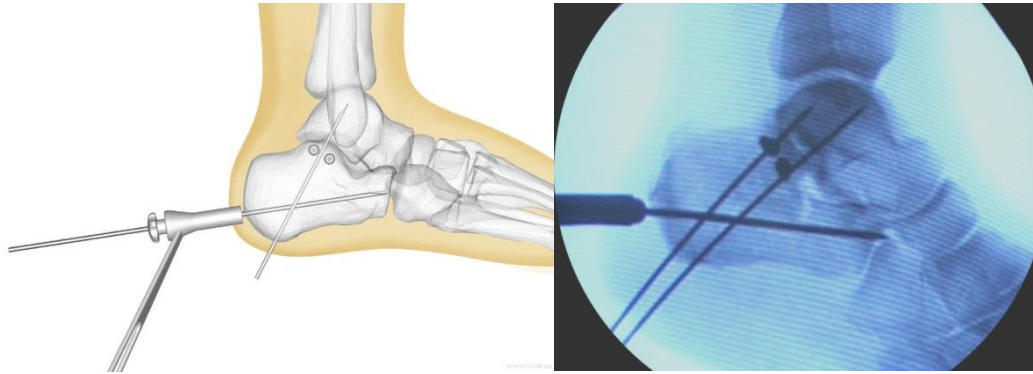


Obr 34 - Schanzův šroub zavedený do patní kosti pro obnovu Böhlerova úhlu a správné osy patní kosti.

Dále je zacílen vodící drát ve směru osy patní kosti pod úponem Achillovy šlachy směrem na střed kalkaneo-kuboidálního kloubu. Správnost zavedení vodícího drátu je ověřena v bočné a dorzoplantární RTG projekci (Obr. 35 a, b). Poté je kanylovaným vrtákem (8 mm) vytvořen otvor pro hřeb v patní kosti. Pomocí cílicího zařízení je zaveden patní hřeb co nejdílněji. Správná hloubka a rotace hřebu je kontrolována v bočné a axiální projekci.



Obr. 35 a. - Cílení vodícího drátu v ose patní kosti směrem na střed kalkaneo-kuboidálního kloubu.

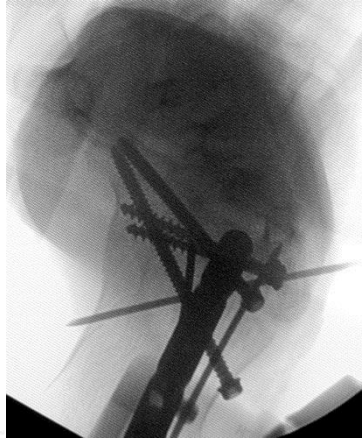
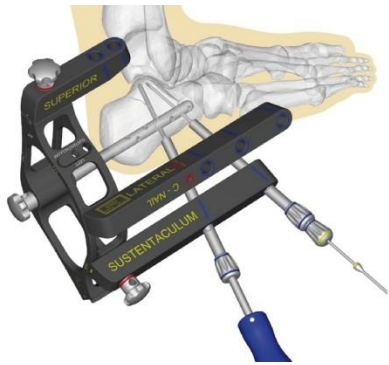


Obr. 35 b. - RTG kontrola pozice vodícího drátu v bočné projekci

Nejprve jsou cíleny vodící dráty do sustentakulárního fragmentu. Pokud je jejich pozice správná, jsou postupně po předvrtání vyměněny za šroub příslušné délky a pozice hřebu je takto určena. V dalších krocích jsou zavedeny šrouby horní (superior) a šrouby bočné (lateral). Je nutná obezřetnost při zavádění středního bočního šroubu, kdy v cestě mohou být poraněny peroneální šlachy. Z tohoto důvodu nebo též pro extrémní kominuci v této oblasti není nutné střední bočný otvor v hřebu šroubem obsazovat (Obr 36 a, b).

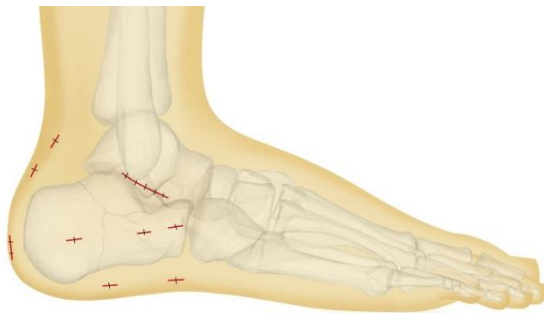


Obr. 36 a - Cílicí zařízení s upevněným hřebem.



Obr. 36 b - Sustentakulární šrouby v axiální projekci.

Po odstranění cílicího zařízení je změřena velikost zátky a hřeb je takto uzavřen. Operační rána je vypláchnuta dostatečným množstvím fyziologického roztoku (500 ml), vždy je vložen tenký Redonův drén a na závěr uzavření několika operačních ran (Obr 37). Pooperačně jsou zhotoveny vždy RTG snímky v projekci bočné, axiální, dorzoplantární, Brodenově a CT s 3D rekonstrukcí.



Obr. 37 - Uzavření operačních ran.

### 9.3. Kazuistika:

Muž, 35 roků, pád ze žebříku, zlomenina patní kosti, typ joint depression, klasifikace Sanders IIA, léčba C-NAIL, CT scan úrazový (sagital) (Obr. 38), CT scan úrazový (axial) (Obr. 38 b), Pacient byl operován v den úrazu. U pacienta byl zaznamenán přiměřený pooperační průběh, byla aplikována analgetika typu nesteroidních antirevmatik a antiedematika (Aescin). První pooperační den již byla zahájena rehabilitace - procvičování hybnosti hlezenného kloubu a prstů. Druhý pooperační den byla odstraněna Redonova drenáž. Pacient byl propuštěn do domácího ošetřování šestý pooperační den bez komplikací. Stehy byly odstraněny za dva týdny od operace. Postupná zátěž byla pacientovi povolena na základě kontrolního RTG po šesti týdnech od operace. AOFAS skóre pacienta po 1 roce bylo 100, plně zatěžuje končetinu a sportuje. Po operaci byla zhotovena následující obrazová RTG dokumentace. RTG pooperační bočná projekce (Obr. 39 a), RTG pooperační axiální projekce (Obr. 39 b), RTG pooperační Brodenova projekce (Obr. 39 c), CT scan pooperační (axial) (Obr. 40 a), CT scan pooperační (sagital) (Obr. 40 b).



Obr. 38 a. - CT sagitální rekonstrukce: zlomenina patní kosti, typ joint depression, snížený Böhlerův úhel, zadní kloubní plocha dislokována až k plantární kortikalis patní kosti.



Obr. 38 b - CT axial rekonstrukce: rozlomená zadní kloubní plocha, klasifikace Sanders IIA, inkongruence 8 mm



Obr. 39 a - RTG pooperační - bočná projekce, obnovený Böhlerův úhel



Obr. 39 b - RTG pooperační - axiální projekce, vyrovnaná osa patní kosti, správné uložení šroubů v sustentakulárním fragmentu.



Obr. 39 c - RTG pooperační - Brodenova projekce, kongruentní zadní kloubní plocha kalkaneu.



Obr. 40 a - CT scan pooperační – axial, kongruentní zadní kloubní plocha, vyrovnaná osa patní kosti a správné uložení šroubů v sustentaculum tali.



Obr. 40 b - CT scan pooperační – sagitální projekce, správné uložení hřebu v patní kosti.



#### 9.4. Výsledky:

Od roku 2011 do konce září 2014 bylo na oddělení úrazové chirurgie nemocnice Pardubice odoperováno celkem 107 zlomenin patní kostí pomocí nové miniinvazivní metody – patního hřebu C-NAIL, tj. počet osteosyntéz, které bylo možno z časového hlediska zařadit do studie. Celkový počet odoperovaných zlomenin patních kostí metodou hřebování na našem pracovišti je 149. V databázi jsou zahrnuti pacienti s průměrným věkem 46 roků, věkového rozsahu 17-73 roků (Tab. 2). Všechny zlomeniny byly klasifikovány dle Sanderse. I (n=11), IIA (n=41), IIB (n=23), IIC (n=3), IIIAB (n=16), IIIAC (n=3), IIIBC (n=4), IV (n=6). Stav měkkých tkání byl hodnocen dle Tscherna O1 (n=2), O2 (n=1), G0 (n=24), G1 (n=43), G2 (n=9). Předoperačně byli všichni pacienti vyšetřeni RTG snímky a CT s 3D rekonstrukcí. Po operaci byly u pacientů vyhodnoceny rentgenové snímky a CT s 3D rekonstrukcí 1. pooperační den, dále RTG kontroly pravidelně po čtyřech, osmi a dvanácti týdnech, po půl roce a po jednom roce. AOFAS funkční vyhodnocovací skóre bylo zaznamenáno vždy po půl a po jednom roce (Tab. 4). Naměřené hodnoty dosahovaly rozsahu 65-100 bodů, s průměrnou hodnotou 93,0 bodů (prvních 70 pacientů po 6 měsících po operaci) a 94,1 bodů (prvních 49 pacientů po 12 měsících po operaci). Byla nalezena úměra mezi závažností postižení zadní kloubní plochy vyjádřené klasifikací dle Sanderse a funkčním skórovacím systémem AOFAS po 12 měsících, kde přímo úměrně klesá výsledek AOFAS k závažnosti zlomeniny. Při tomto hodnocení po 6 měsících není tato úměra signifikantně vyjádřena. Pacienti klasifikovaní dle Essex-Lopresti - zlomenina typu joint depression type (n=56) byla naměřena průměrná hodnota AOFAS 92 bodů a u pacientů se zlomeninou typu tongue type (n=48) byla naměřena průměrná hodnota 94 bodů. Zajímavé je zhodnocení věku a AOFAS, kde je patrné, že s přibývajícím věkem se funkční výsledek postupně zhoršuje, ale po dosažení důchodového věku se náhle začíná mírně zlepšovat. AOFAS skóre je nižší s větší pooperační inkongruencí zadní kloubní plochy patní kosti, tedy čím nekvalitnější repozice, tím horší je funkční výsledek. AOFAS má tendenci být

nižší při nižších hodnotách Böhlerova úhlu před operací. Totéž platí v pooperačním sledování, kdy je patrné, že po repozici a obnově Böhlerova úhlu se zlepšuje hodnota AOFAS. Nad 25 stupňů jsou ovšem hodnoty již stacionární. Pacienti s otevřenými zlomeninami patních kostí neměli výrazně nižší AOFAS než pacienti se zavřenými zlomeninami (90 a 100). Kuřáci (n=26) měli nižší průměrné funkční výsledky 91,5 (nekuřáci – 92,4). Diabetici (n=9) dosahovali naměřených hodnot 92,2 (nediabetici 93,0). Pacienti, u kterých byla pro zavedení patního hřebu C-NAIL použita zavřená repozice z miniincizí bez použití subtalárního přístupu dosahovali funkčního skóre AOFAS 94,4 a pacienti se subtalárním přístupem - STZ (Sinus Tarsi Approach „Zugang“) a C-NAIL 92,7. Byl zaznamenán jeden případ hluboké infekce (0,93%). U jiných autorů při ORIF (otevřená repozice pomocí prodlouženého laterálního přístupu a fixace pomocí dlahy) se pohybuje četnost hlubokého infektu v průměru kolem 5,15% (Tab. 3). Byly zaznamenány dva případy okrajové nekrózy rány (1,9%). V průměru byl obnoven snížený Böhlerův úhel z úrazových hodnot 6,2° na 31,8°. Po 3 měsících byl zaznamenán mírný pokles Böhlerova úhlu na 29,6° a po 12 měsících na 28,3°. Průměrná doba pobytu pacienta na lůžkovém oddělení od přijetí k operaci byla 2,4 dne a průměrná doba pobytu pacienta na lůžkovém oddělení od operace do propuštění do domácího léčení byla 8,2 dne.

Počet pacientů (C-NAIL)		107	
Průměrný věk		47	
		<b>n</b>	<b>AOFAS</b>
AOFAS po 6 m.		70	92,9
AOFAS po 12 m.		49	94,1
		<b>n</b>	<b>AOFAS (6 m.)</b>
Tscherne klasifikace	<b>O1</b>	2	87,5
	<b>O2</b>	1	100
	<b>G0</b>	24	93,8
	<b>G1</b>	43	91,9
	<b>G2</b>	9	97,1
Sanders klasifikace	<b>I</b>	11	95,1
	<b>IIA</b>	41	91,7
	<b>IIB</b>	23	94,1
	<b>IIC</b>	3	92,7
	<b>IIIAB</b>	16	92,6
	<b>IIIAC</b>	3	89
	<b>IIIBC</b>	4	96,7
	<b>IV</b>	6	92,5
Essex-Lopresti klasifikace	<b>JDT</b>	56	92
	<b>TT</b>	48	94

Tab. 2. Souhrn funkčních výsledků AOFAS v závislosti na klasifikaci dle Sanderse a stavu měkkých tkání. AOFAS skóre (American Orthopaedic Foot and Ankle Society), JDT – Joint Depression Type, TT – Tongue Type

	Okrajová nekróza rány %	Hluboký infekt %
<b>Bezes</b>	10	2,4
<b>Zwipp</b>	8,3	1,9
<b>Sanders</b>	4,1	4,1
<b>Benirschke</b>	10	6
<b>Herscovici</b>	14	8
<b>Brattebø</b>	14,6	6,2
<b>Boack</b>	8	3
<b>Buckley</b>	16	4,8
<b>Rammelt</b>	7,8	6,1
<b>Tennent</b>	19,6	1,9
<b>Jardé</b>	7,4	7,4
<b>Hirschmüller</b>	16,6	10
<b>Pompach (C-NAIL)</b>	1,9	0,9

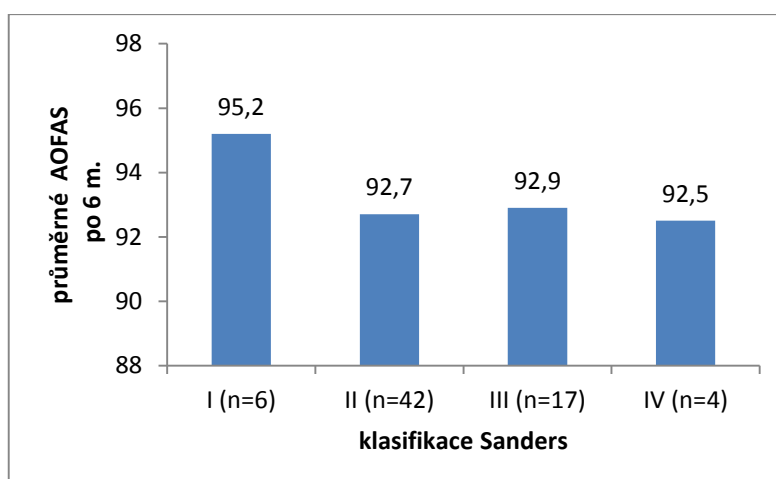
Tab. 3. Procento komplikace hojení operační rány

<b>Ankle-Hindfoot scale (100 bodů celkem). AOFAS clinical rating systém</b>	<b>Bodové hodnocení, maximum 100 b.</b>
<b>Jméno:</b>	<b>Datum</b>
<b>A/ BOLEST (40 bodů)</b>	
- žádná	40
- mírná, občasná	30
- střední, každodenní	20
- prudká, téměř trvalá	0
<b>B/ FUNKCE (50 bodů)</b>	
<b>1. Omezení aktivit, potřeba podpory</b>	
- bez omezení aktivit, bez podpory	10
- bez omezení běžných aktivit, s omezením rekreačních aktivit, bez podpory	7
- s omezením běžných i rekreačních aktivit, podpurná hůl	4
- vážné omezení běžných i rekreačních aktivit, užití berlí, chodítka, ortozy, inv. vozíku	0
<b>2. Maximální vzdálenost chůze (bloky domů)</b>	
- více než 500m	5
- 300-500m	4
- 100-300m	2
- méně jak 100m	0
<b>3. Schopnost chůze po povrchu</b>	
- bez potíží, jakýkoliv povrch	5
- malé potíže na nerovném povrchu, schodech, šikmé ploše, žebříku	3
- vážné potíže na nerovném povrchu	0
<b>4. Porucha chůze</b>	
- žádná, nepatrná	8
- zřetelná	4
- nápadná	0
<b>5. Sagitální pohyb (flexe plus extenze)</b>	
- normální, nebo lehké omezení (30st. či více)	8
- mírné omezení (15 – 29st.)	4
- velké omezení (méně než 15st.)	0
<b>6. Pohyb v zadní části nohy – hindfoot motion (inverze plus everze)</b>	
- normální, nebo lehké omezení (75 – 100% normálu)	6
- mírné omezení (25% - 75% normálu)	3
- velké omezení (méně než 25% normálu)	0
<b>7. Stabilita ankle-hindfoot (anteroposteriorní, varus-valgus)</b>	
- stabilní	8
- trvale nestabilní	0
<b>C/ OSOVÉ POSTAVENÍ (10 bodů)</b>	
- výborné, došlap celým chodidlem, srovnaná osa střední nohy	10
- dobré, došlap celým chodidlem, několik stupňů osové odchylky postavení střední nohy, bez subjektivních příznaků	7

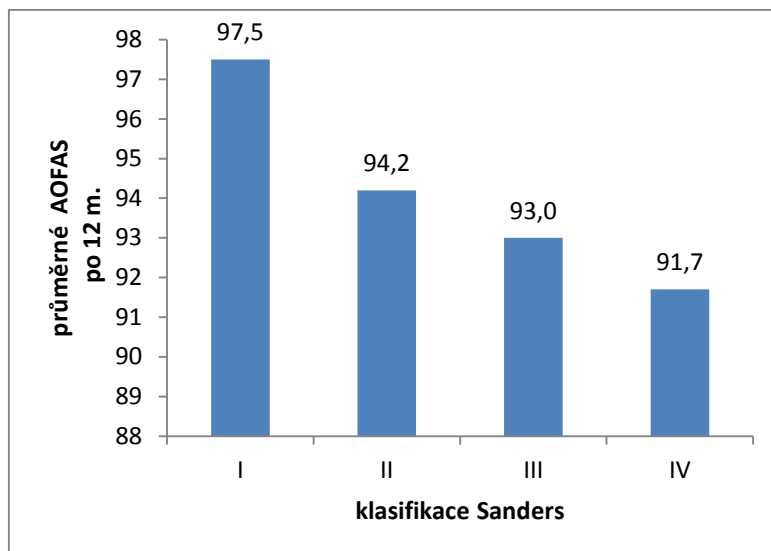
- špatné, není došlap celým chodidlem, nepříznivé osové postavení, patrné subj. Příznaky		0
<b>Celkem</b>		
<b>Výsledek</b>	50 bodů – přiřazeno funkci	
	40 bodů - bolesti	
	10 bodů – osovému postavení	
<b>Hodnocení</b>	Výborný 90 – 100 bodů	
	Dobry 80 – 89 bodů	
	Přijatelný 70 – 79 bodů	
	Špatný < 70bodů	

Tab. 4. AOFAS funkční skórovací systém. Maximální hodnota 100 bodů, získá pacient bez bolesti s plným rozsahem pohybu v sagitální rovině a oblasti zadní části nohy, bez přítomnosti nestability, správné osové postavení, schopností ujít více jak 500 m, schopnost chůze po všech druzích povrchu, bez omezení denních a rekreačních aktivit, bez nutnosti použití podpůrných pomůcek.

V následujících grafech je ukázán vztah jednotlivých naměřených funkčních výsledků AOFAS (skórovací mezinárodní systém - American Orthopaedic Foot and Ankle Society) <sup>20</sup> v závislosti na vztahových veličinách. Graf 1a,b ukazuje závislost mezi závažností zlomeniny patní kosti dle poškození zadní kloubní plochy klasifikované dle Sanderse a naměřených hodnotách AOFAS.

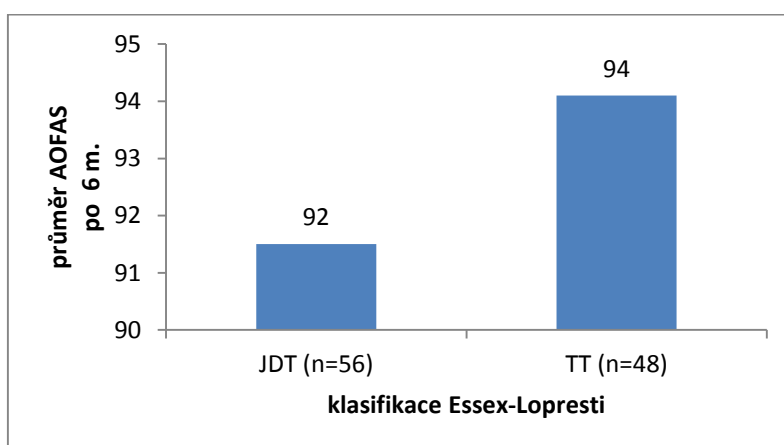


Graf 1a. Vliv závažnosti zlomeniny na funkční výsledek po 6 měsících léčby.



Graf 1b. Vliv závažnosti zlomeniny na funkční výsledek po 12 měsících léčby.

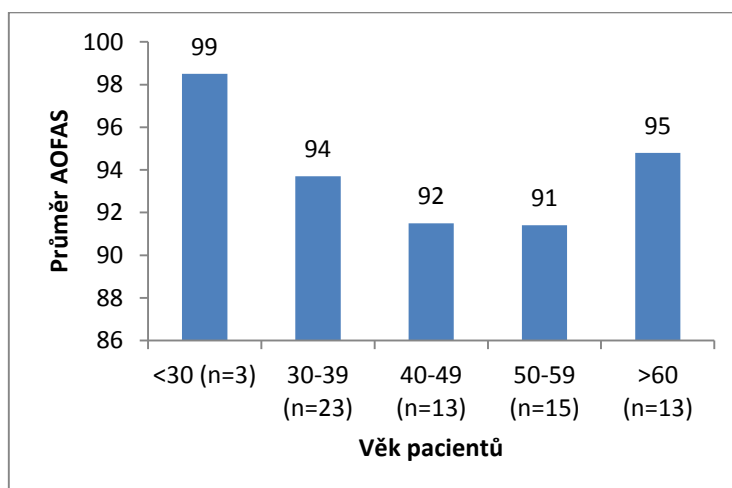
Z obou grafů je zřejmé, že v případě jednodušších typů zlomenin Sanders I jsou výsledky výborné, u složitějších typů Sanders II-IV se postupně s narůstající závažností funkční výsledky zhoršují. Graf 2 ukazuje závislost mezi typem zlomeniny vyjádřené klasifikací Essex-Lopresti a AOFAS. Pacienti se zlomeninou joint depression type měli horší funkční výsledek než pacienti se zlomeninami tongue type.



Graf 2. Vliv typu zlomeniny na funkční výsledek, JDT – Joint Depression Type, TT – Tongue Type

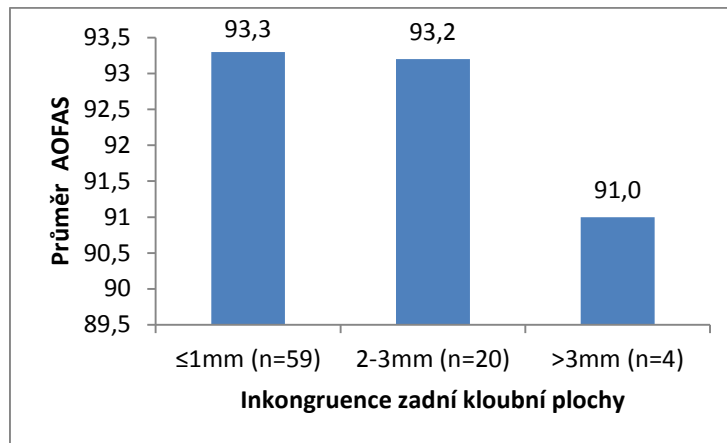
V grafu 3 vidíme pokles funkčního výsledku AOFAS v závislosti na věku pacienta. Pacienti ve věkové skupině do 30 roků vykazují velmi dobré výsledky. Tato skupina pacientů byla

reprezentována většinou mladými zdravými sportovci (horolezci, běžci), kteří velice dobře spolupracovali a rehabilitovali. I přes závažný typ zlomeniny měli velkou motivaci vrátit se zpět ke své aktivní sportovní činnosti, což velmi pozitivně ovlivnilo výsledek AOFAS. Naopak pacienti ve starší věkové skupině (50-59 roků), tedy na konci své aktivní pracovní činnosti i přes relativně jednoduchý typ zlomeniny nevykazovali při rehabilitaci dostatečnou míru spolupráce. Co je ale pozoruhodné, pacienti důchodového věku naopak rehabilitovali velice dobře.



Graf 3. Vliv věku pacientů na funkční výsledek AOFAS

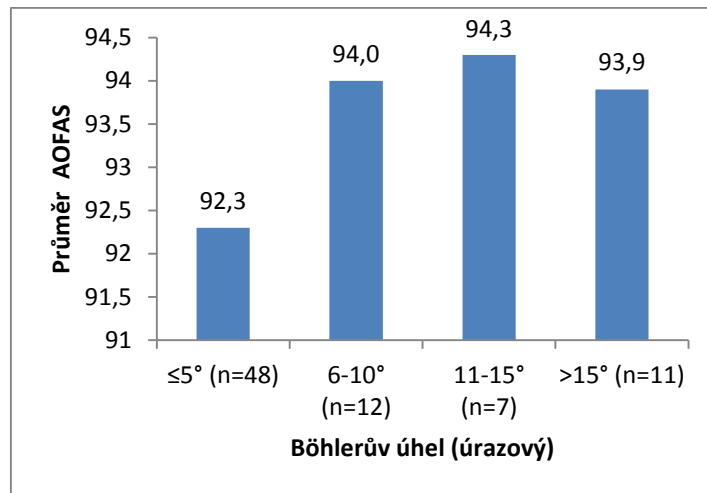
V grafu 4 vidíme dobře korelaci mezi pooperačně vyrovnanou zadní kloubní plochou a funkčním výsledkem dle AOFAS. Při inkongruenci zadní kloubní plochy do 3 mm jsou výsledky relativně uspokojivé, ovšem při inkongruenci více jak 3mm je funkční výsledek AOFAS podstatně horší.



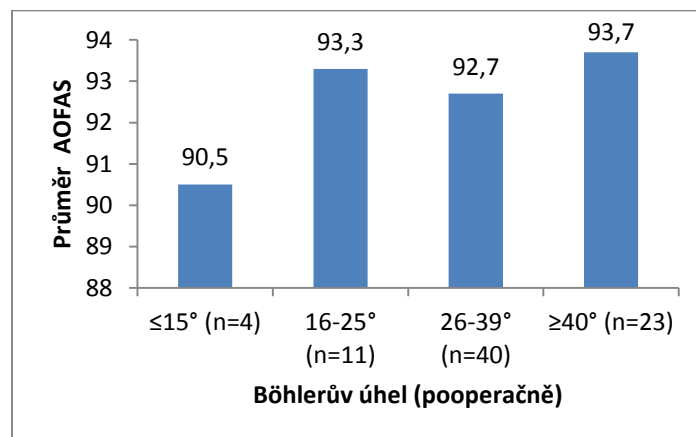
Graf 4. Vliv pooperační (in)kongruence zadní kloubní plochy na funkční výsledek AOFAS

Graf 5 ukazuje výsledek AOFAS ve vztahu k předoperační hodnotě Böhlerova úhlu. Při naměřených hodnotách méně než 5 stupňů je i funkční výsledek horší 92,3 bodů. Při předoperačně naměřené hodnotě Böhlerova úhlu více jak 15 stupňů se hodnoty AOFAS pohybují průměrně kolem 94 bodů. Po repozici platí obdobná paralela – Graf 6.



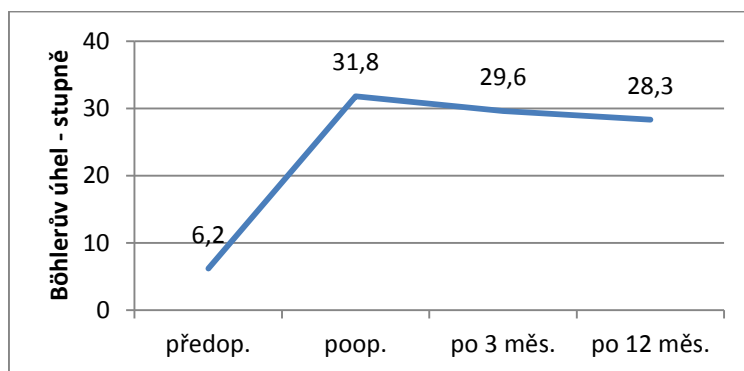


Graf 5. Vliv hodnoty úrazového Böhlerova úhlu na funkční výsledek AOFAS



Graf 6. Vliv pooperační hodnoty Böhlerova úhlu na funkční výsledek AOFAS

V tomto přehledném grafu č. 7 vidíme velikost Böhlerova úhlu v závislosti na čase. Jeho naměřenou průměrnou hodnotu předoperační, poté bezprostředně v pooperačním období, po třech a po dvanácti měsících. Z grafu je patrné že pooperační naměřená hodnota 31,8 stupně klesá jen velmi mírně a to na hodnotu 28,3 stupně do jednoho roku od operace.



Graf 7. Pokles Böhlerova úhlu do 1 roku po operaci

Pacienti, kteří byli na našem oddělení odoperováni novou metodou pomocí patního hřebu C-NAIL byli s operací spokojeni a většina se vrátila k původnímu pracovnímu zařazení či sportovní aktivitě a chodí bez podpůrné pomůcky. Dosud jsme odoperovali 149 pacientů pomocí hřebu C-nail. Nebyl zaznamenán případ subtalární artrózy<sup>21</sup>. Byl evidován pouze jeden případ hluboké ranné infekce. Jednalo se o pacienta, který se dostavil na oddělení emergency s šesti hodinovým zpožděním se zlomeninou patní kosti typu kachního zobáku s extrémní dislokací. Dislokovaný fragment ischemizoval kůži. Ihned bylo přistoupeno k urgentnímu operačnímu řešení. Zavřená repozice pomocí Schanzova šroubu zavedeného do tuber calcanei nebyla možná. Proto byla provedena otevřená repozice a fixace pomocí hřebu. V terénu ischemické kůže došlo k dehiscenci operační rány a následně k sekundárnímu hojení. Preventivně byl hřeb extrahován a vykultivován jedenkrát *Staphylococcus aureus* po

pomnožení. Po opakovaných toaletách defektu, vakuových drenážích, výplni vzniklé dutiny cementem s antibiotikem a sekundární suture byla rána zhojena. Rozsah pohybu je uspokojivý, pacient se dále věnuje svému zaměstnání.

## **9.5. Diskuse:**

V současné době je na mnoha pracovištích otevřená repozice a vnitřní fixace pomocí dlahy standardní operační postup<sup>22-25</sup>. Nicméně použití této metody, rozsáhlého prodlouženého laterálního přístupu, bohužel v některých případech přináší vysoké riziko komplikací. Nová operační technika C-NAIL přináší v podobě výsledků důkaz, že je možné tato rizika oproti dosavadním metodám výrazně snížit. Subtalární přístup „Sinus Tarsi Zugang“ (STZ) je dostatečně přehledný pro repozici rozlomené zadní kloubní plochy patní kosti a v případě nutnosti jej lze rozšířit oběma směry. Z tohoto miniinvazivního přístupu lze zadní kloubní plochu velmi dobře zreponovat. V našem souboru byly operovány všechny typy zlomenin dle klasifikace Sanders I-IV. I při těžkých kominucích zadní kloubní plochy bylo dosaženo uspokojivé repozice a nebylo nutné provést jak primární, tak sekundární subtalární artrodézu. Dosavadní nevýhodou patního hřebu C-NAIL je jeho délka, která je 65 mm. V několika případech jsme byli limitováni patní hřeb použít právě pro krátkou patní kost. V budoucnu bude již možnost využít krátké verze patního hřebu C-NAIL-MINI. V případech, kdy nebylo možno pro krátkou patní kost hřeb využít, byly použity pro osteosyntézu jednotlivé šrouby 3,5 mm. Retence repozice byla v těchto případech neúspěšná, docházelo ke ztrátě repozice a zborcení Böhlerova úhlu. Výhodou celé konstrukce hřebu je jeho komplexní fixace v ose patní kosti a dále podpora dvěma šrouby v sustentakulárním fragmentu přes hřeb, což samostatnými šrouby docílit nelze.

## **10. Závěr disertační práce:**

Závěrem práce lze usoudit, že hřebování patních kostí jistě doplňuje standardní léčebnou metodu osteosyntézy patní kosti dlahou pomocí otevřeného přístupu. V experimentální části práce byla prokázána vysoká biomechanická stabilita hřebu C-nail oproti hřebu Calcanail a dlaze Rimbus. V klinické části byly prezentovány výhody miniinvazivního zavedení implantátu a následně nízkého procenta vzniku infekce. Patní hřeb C-nail je tedy novou operační metodou v léčbě zlomenin patní kosti, která umožňuje dostatečně přehledný miniinvazivní přístup, vysokou biomechanickou stabilitu, snižuje pooperační ztuhlost kloubů zadonoží a středonoží a výrazně snižuje riziko vzniku infekce. V pooperační péči není nutné použití sádrové fixace, postačí elastická bandáž, pacienti mohou první pooperační den intenzivně rehabilitovat, čímž se snižuje riziko vzniku hluboké flebotrombózy. Pacienti mohou postupně zatěžovat po 6 až 8 týdnech podle typu a rychlosti hojení zlomeniny. Spektrum pacientů, které je možno touto metodou operovat, se rozšiřuje. Kuřáci, dobře kompenzovaní diabetici i závislí na inzulinu, pacienti vyššího věku nad 65 roků nejsou kontraindikací pro osteosyntézu patním hřebem C-NAIL.

## 11. Literatura:

1. Epstein N, Chandran S, Chou L. Current concepts review: intra-articular fractures of the calcaneus. *Foot ankle Int.* 2012;33(1):79-86. doi:10.3113/FAI.2012.0079.
2. Illert T, Rammelt S, Drewes T, Grass R, Zwipp H. Stability of locking and non-locking plates in an osteoporotic calcaneal fracture model. *Foot ankle Int.* 2011;32(3):307-313. doi:10.3113/FAI.2011.0307.
3. Schepers T. The sinus tarsi approach in displaced intra-articular calcaneal fractures: a systematic review. *Int Orthop.* 2011;35(5):697-703. doi:10.1007/s00264-011-1223-9.
4. Goldzak M, Simon P, Mittlmeier T, Chaussemier M, Chiergatti R. Primary stability of an intramedullary calcaneal nail and an angular stable calcaneal plate in a biomechanical testing model of intraarticular calcaneal fracture. *Injury.* 2014;45 Suppl 1:S49-S53. doi:10.1016/j.injury.2013.10.031.
5. Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(2):225-250. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10682732>. Accessed November 23, 2015.
6. Zech S, Goesling T, Hankemeier S, et al. Differences in the mechanical properties of calcaneal artificial specimens, fresh frozen specimens, and embalmed specimens in experimental testing. *Foot ankle Int.* 2006;27(12):1126-1136. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17207443>. Accessed November 23, 2015.
7. Redfern DJ, Oliveira MLR, Campbell JT, Belkoff SM. A biomechanical comparison of locking and nonlocking plates for the fixation of calcaneal fractures. *Foot ankle Int.* 2006;27(3):196-201. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16539902>. Accessed November 23, 2015.
8. Lin PP, Roe S, Kay M, Abrams CF, Jones A. Placement of screws in the sustentaculum tali. A calcaneal fracture model. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(352):194-201. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9678048>. Accessed November 23, 2015.
9. Nelson JD, McIff TE, Moodie PG, Iverson JL, Horton GA. Biomechanical Stability of Intramedullary Technique for Fixation of Joint Depressed Calcaneus Fracture. *Foot Ankle Int.* 2010;31(03):229-235. doi:10.3113/FAI.2010.0229.
10. Richter M, Droste P, Goesling T, Zech S, Krettek C. Polyaxially-locked plate screws

- increase stability of fracture fixation in an experimental model of calcaneal fracture. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(9):1257-1263. doi:10.1302/0301-620X.88B9.17822.
11. Richter M, Gosling T, Zech S, et al. A comparison of plates with and without locking screws in a calcaneal fracture model. *Foot ankle Int.* 2005;26(4):309-319. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15829215>. Accessed November 23, 2015.
  12. Doebele S, Siebenlist S, Vester H, et al. New method for detection of complex 3D fracture motion--verification of an optical motion analysis system for biomechanical studies. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:33. doi:10.1186/1471-2474-13-33.
  13. Steiner T, Raith S, Eichhorn S, et al. Evaluation of a new optical measuring system for experiments on fractured human mandibles: a biomechanical feasibility study in maxillofacial surgery. *Clin Oral Investig.* 2012;16(6):1535-1542. doi:10.1007/s00784-011-0659-z.
  14. Stoffel K, Booth G, Rohrl SM, Kuster M. A comparison of conventional versus locking plates in intraarticular calcaneus fractures: a biomechanical study in human cadavers. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22(1):100-105. doi:10.1016/j.clinbiomech.2006.07.008.
  15. Knight JR, Gross EA, Bradley GH, Bay C, LoVecchio F. Boehler's angle and the critical angle of Gissane are of limited use in diagnosing calcaneus fractures in the ED. *Am J Emerg Med.* 2006;24(4):423-427. doi:10.1016/j.ajem.2005.12.013.
  16. ESSEX-LOPRESTI P. The mechanism, reduction technique, and results in fractures of the os calcis. *Br J Surg.* 1952;39(157):395-419. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14925322>. Accessed November 23, 2015.
  17. Rammelt S, Zwipp H. Fractures of the calcaneus: current treatment strategies. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81(3):177-196. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24945387>. Accessed November 23, 2015.
  18. Simon P, Goldzak M, Eschler A, Mittlmeier T. Reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fractures with a locking nail: a prospective study of sixty nine cases. *Int Orthop.* 2015;39(10):2061-2067. doi:10.1007/s00264-015-2816-5.
  19. Rammelt S, Gavlik JM, Barthel S, Zwipp H. The value of subtalar arthroscopy in the management of intra-articular calcaneus fractures. *Foot ankle Int.* 2002;23(10):906-916. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12398142>. Accessed November 23, 2015.
  20. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot ankle Int.*

1994;15(7):349-353. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7951968>. Accessed October 12, 2015.

21. Zwipp H, Rammelt S. [Subtalar arthrodesis with calcaneal osteotomy]. *Orthopade*. 2006;35(4):387-398, 400-404. doi:10.1007/s00132-005-0923-5.
22. Freeman BJ, Duff S, Allen PE, Nicholson HD, Atkins RM. The extended lateral approach to the hindfoot. Anatomical basis and surgical implications. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(1):139-142. doi:10.1302/0301-620X.80B1.7987.
23. Heier KA, Infante AF, Walling AK, Sanders RW. Open fractures of the calcaneus: soft-tissue injury determines outcome. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A(12):2276-2282. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14668494>. Accessed November 23, 2015.
24. Zwipp H, Rammelt S, Amlang M, Pompach M, Dürr C. [Operative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures]. *Oper Orthop Traumatol*. 2013;25(6):554-568. doi:10.1007/s00064-013-0246-3.
25. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. [Fracture of the calcaneus]. *Unfallchirurg*. 2005;108(9):737-747; quiz 748. doi:10.1007/s00113-005-1000-6.
26. Goldzak M, Mittlmeier T, Simon P. Locked nailing for the treatment of displaced articular fractures of the calcaneus: description of a new procedure with calcanail(®). *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2012;22(4):345-349. doi:10.1007/s00590-012-0968-1.

## **12. Seznam prezentací autora (přednášky a postery):**

1. Fractura calcanei - život ohrožující poranění, 18. 11. 2005, Pelhřimov
2. Fractura calcanei - život ohrožující poranění, 2.12.2005, České Budějovice
3. Fractura calcanei - život ohrožující poranění, 21.4.2006, Chrudim
4. Fractura calcanei - život ohrožující poranění, 16.6.2006, Liberec
5. Výsledky léčby zlomenin patních kostí, 8.12.2006, Písek
6. Subtrochanterické zlomeniny - komplikace, 2007, TraumaDny, Pardubice
7. Fractura acetabuli – ilioinguinální přístup, 2008, AO Videosymposium České Budějovice
8. DHS a nestabilní pertrochanterické zlomeniny, 2008, AO Videosymposium České Budějovice
9. C-NAIL, 5.10.2011, AO Foot And Ankle, Dresden, Germany
10. C-NAIL, 8.10.2011, Česko-saské sympózium, Praha
11. C-NAIL, 24.3.2012, Fusskongress, Dresden, Germany
12. C-NAIL, 3.5.2012, Setkání chirurgů, Skalský Dvůr
13. C-NAIL workshop, 3.5.2012, Setkání chirurgů, Skalský Dvůr
14. C-NAIL, 10.5.2012, TraumaDny, Pardubice
15. C-NAIL workshop, 10.5.2012, TraumaDny, Pardubice
16. Historie léčby zlomenin patní kosti, 10.5.2012, TraumaDny, Pardubice
17. Ruptura šlachy FHL při zlomenině p.kosti, 10.5.2012, TraumaDny, Pardubice
18. Inveterovaná subtalární luxace, 11.5.2012, TraumaDny, Pardubice
19. Case report 1 – prox. Humerus, 30.5.2012, AO Masters, Rotterdam, Nederland
20. Case report 2 – prox. Humerus, 31.5.2012, AO Masters, Rotterdam, Nederland
21. C-NAIL, 22.6.2012, CEOC, Portorož, Slovinsko
22. Jones fracture, 22.6.2012, CEOC, Portorož, Slovinsko
23. C-NAIL, 20.9.2012, Osteosynthese, Rostock, Germany
24. C-NAIL, 16.11.2012, Košice, Slovensko
25. C-NAIL operační technika, 23.3.2013, Nové Město na Moravě
26. C-NAIL komentovaný záznam operace, 23.3.2013, Nové Město na Moravě



27. C-NAIL workshop – moderování, 23.3.2013, Nové Město na Moravě
28. C-NAIL case reports, 23.3.2013, Nové Město na Moravě
29. C-NAIL, 16.5.2013, Tále, Slovensko
30. Historie léčby zlomenin patních kostí, 17.5.2013, Tále, Slovensko
31. C-NAIL komentovaný záznam operace, 17.5.2013, Tále, Slovensko
32. C-NAIL workshop, 17.5.2013, Tále, Slovensko
33. Calcaneal plate Versus Calcaneal Nail, 22.6.2013, AO Czech & Bavarian Symposium, Plzeň
34. Open calcaneal fracture treated by C-NAIL, 3.9.2013, AO Masters, Foot and Ankle, Innsbruck
35. Principy operace patních kostí - kurz, 11.10.2013, Nové Město na Moravě
36. C-NAIL, 8.11.2013, Naučno-praktičeskaja konf., Moskva, Rusko
37. C-NAIL workshop, 8.11.2013, Naučno-praktičeskaja konf., Moskva, Rusko
38. C-NAIL, 16.12.2013, Konference vědeckých prací, Olomouc
39. C-NAIL, 8.2.2014, Klinicko-anatomické sympozium – Praha
40. C-NAIL sympozium, 11.4.2014, Dresden
41. C-NAIL workshop, 12.4.2014 Dresden
42. Principy operace patních kostí – kurz, 16.4.2014, Nové Město na Moravě
43. Principy operace proximální tibie – kurz, 16.4.2014, Nové Město na Moravě
44. C-NAIL sympozium – přehled, 4.6.2014, Dříteč
45. Transfer EIP na EPL, 5.6.2014, Traumadny, Pardubice
46. Principy operace patních kostí – kurz, 16.9.2014, Praha, Medin
47. Principy operace proximální tibie – kurz, 16.9.2014, Praha, Medin
48. C-NAIL, 25.9.2014, AO - videosympozium, České Budějovice
49. Devastační poranění středonoží, 11.10.2014, Ústí nad Labem, Č-S sympozium
50. Principy operace patních kostí – kurz, 16.10.2014, Nové Město na Moravě
51. C-NAIL, 31.10.2014, DKOU, Berlin, Germany
52. C-NAIL, 21.11.2014, SICOT, Rio de Janeiro, Brasil
53. C-NAIL v. plate/biomech. study (Poster), 21.11.2014 SICOT, Rio de Janeiro, Brasil

54. Principy operace patních kostí – kurz, 19.2.2015, Praha, Medin
55. Principy operace patních kostí – kurz, 26.3.2015, Nové Město na Moravě, Medin
56. C-NAIL metoda a výsledky, 22.5.2015, Setkání chirurgů, Skalský Dvůr
57. C-NAIL metoda, střednědobé výsledky, 19.9.2015, SICOT, Guangzhou, Canton, Čína
58. C-NAIL v. plate/biomech. study (Poster), 19.9.2015, SICOT, Guangzhou, Canton, Čína
59. Principy operace patních kostí – kurz, 23.9.2015, Praha, Medin
60. C-NAIL workshop, 2.10.2015, Novákovy traumat. dny, Brno
61. C-NAIL sympozium, workshop, 26.1.2016, Mainz, Germany

### **Publikace:**

1. Maligní lymfom, méně obvyklá příčina ileu, 1999, Chirurgické rozhledy
2. Zlomenina patní kosti – život ohrožující poranění, 2006, Úrazová chirurgie
3. Miniinvasivní přístup – zlomenina patní kosti, 2010, Úrazová chirurgie
4. Osteosynthese disl. intraart. Kalkaneusfrakturen, 2013, Oper. Orthop Traumatol, Springer Verlag (IF)
5. Hřebování patní kosti C-NAIL, 2015, Úrazová chirurgie
6. Introduction Of A New Locking Nail For Treatment Of Intraarticular Calcaneal Fractures, 2016, Journal of Orthopaedics Trauma (IF)