

Univerzita Karlova
1. lékařská fakulta

Autoreferát disertační práce



UNIVERZITA KARLOVA
1. lékařská fakulta

**Zlomeniny zadní hrany tibie u luxačních zlomenin
hlezna**

MUDr. Karel Kostlivý

Praha (2022)

Doktorské studijní programy v biomedicíně
Univerzita Karlova a Akademie věd České republiky

Obor: Experimentální chirurgie

Předseda oborové rady: prof. MUDr. Zdeněk Krška, DrSc.

Školící pracoviště: Chirurgická klinika FTN a 1. LF UK

Školitel: prof. MUDr. Jan Bartoníček, DrSc.

Konzultant: doc. MUDr. Jaromír Šimša, Ph.D.

Disertační práce bude nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněna k nahlížení veřejnosti v tištěné podobě na Oddělení pro vědeckou činnost a zahraniční styky Děkanátu 1. lékařské fakulty.

Obsah

1. Souhrn	4
2. Abstract	5
3. Úvod	6
4. Hypotézy a cíle práce	8
5. Materiál a metodika	9
6. Výsledky	12
7. Diskuse	15
8. Závěry	24
9. Použitá literatura	28

1. SOUHRN

Disertační práce se zabývá zlomeninami zadní hrany tibie u zlomenin hlezna. V diagnostice a léčbě zlomenin zadní hrany tibie u zlomenin hlezna celosvětově neexistuje na problematiku jednotný názor.

Experimentální část studie se zaměřila na anatomii hlezenního kloubu, a to zejména na stavbu fibulární incisury distální tibie jako na jednu z klíčových oblastí pro stabilitu hlezna. Výsledkem bylo stanovení ideální vzdálenosti pro správné hodnocení postavení fibuly v incisure tibie.

V klinické části studie byl na základním souboru pacientů se zlomeninami hlezna se současně přítomným odlomením zadní hrany tibie hodnocen charakter zlomenin pomocí předoperačně prováděného RTG a CT vyšetření. Tím bylo možno stanovit základní morfologické typy zlomenin zadní hrany. Vzniklá klasifikace byla ověřována na rozšířeném souboru pacientů. V klinické praxi byla použita k volbě operačního přístupu a způsobu fixace. Správnost vzniklé klasifikace byla ověřena na rozšířeném souboru pacientů. Klinickou aplikací anatomické 3D CT klasifikace bylo dosaženo dobrého anatomického postavení přímou repozicí a stabilní osteosyntézou ze zvolených přístupů, a i dobrých funkčních výsledků. Zásadní význam pro přesnou identifikaci, posouzení všech lézí a pro předoperační plánování mělo provedení předoperačního CT vyšetření ve třech rovinách a následné 3D rekonstrukce. Pooperační CT vyšetření umožnilo vyhodnocení přesnosti repozice všech zlomenin a správnost uložení distální fibuly do incisury a bylo možné posoudit i vliv repozice na funkční výsledky.

V našem souboru se vyskytly i specifické a klinicky velmi závažné typy luxačních zlomenin hlezna s odlomením zadní hrany – Bosworthova a Maissonneuveova zlomenina.

2. ABSTRACT

The dissertation deals with fractures of the posterior malleolus of the tibia in ankle fractures. There is no consensus on the issue in the diagnosis and treatment of tibial posterior malleolus fractures in ankle fractures worldwide.

The experimental part of the study focused on the anatomy of the ankle joint, especially on the construction of the fibular incisure of the distal tibia as one of the key areas for ankle stability. The result was the determination of the ideal distance for the correct assessment of the position of the fibula in the incisure of the tibia.

In the clinical part of the study, the pattern of the fractures was evaluated on a basic group of patients with ankle fractures with concurrent tibial margin fracture using preoperative X-ray and CT examination. This made it possible to determine the basic morphological types of posterior malleolus fractures. The resulting classification was verified on an extended group of patients. In clinical practice, it was used to choose the surgical approach and method of fixation. The correctness of the resulting classification was verified on an extended group of patients. The clinical application of the anatomical 3D CT classification achieved a good anatomical position by direct reduction and stable osteosynthesis from the chosen approaches, as well as good functional results. The performance of preoperative CT examination in three levels and subsequent 3D reconstruction was of fundamental importance for accurate identification, assessment of all lesions and for preoperative planning. Postoperative CT examination made it possible to evaluate the accuracy of the reduction of all fractures and the correct placement of the distal fibula in the incisure, and it was also possible to assess the effect of the reduction on functional results.

In our group, there were also specific and clinically very serious types of ankle dislocations with posterior malleolus fracture – Bosworth and Maisonneuve fractures.

3. ÚVOD

Zlomeniny hlezenního kloubu jsou jedny z nejčastějších poranění skeletu. Jsou popsány zlomeniny mediálního i laterálního kotníku. Relativně často se objevují i zlomeniny tzv. zadního kotníku (malleolus posterior – zadní hrana tibie).

Zlomeniny zadního malleolu hlezna nacházíme: u luxačních zlomenin hlezna, dále u kompresních zlomenin hlezna při dorziflexi u axiálního násilí a také bývá součástí rotačních diafyzárních zlomenin kostí bérce. Nejčastější mechanismus úrazu je pronačně zevně rotační a abdukční poranění, kdy může dojít k poškození tibiofibulární syndesmózy, odlomení zadní hrany tibie nebo kombinaci obou.

Diagnostika zlomenin hlezna je založena na základních 3 RTG projekcích. A to přesné předozadní, bočné a projekci na kloubní štěrbinu tzv. „mortise view“. V současné době se ale stalo nedílnou součástí diagnostiky provedení CT vyšetření poraněného hlezenního kloubu. V současné době je celosvětově velmi diskutovaným problémem i správné postavení fibuly ve fibulární incisurě tibie jako jeden ze základů pro správnou funkci hlezenního kloubu.

Cílem léčby luxačních zlomenin hlezna s odlomením zadní hrany tibie je obnovení kongruence kloubní plochy tibie a zejména obnovení správného postavení v distálním tibiofibulárním kloubu. Jsou dány přesné indikace k operační léčbě zlomenin mediálního a laterálního malleolu. Naproti tomu zlomeniny zadní hrany tibie, nebo též zlomeniny zadního malleolu, představují jednu z problematických kapitol traumatologie hlezna. Nejrecentnější výsledky doporučují provedení osteosyntézy většiny zlomenin zadního malleolu pro obnovení průběhu a integrity zadních ligamentózních struktur, rekonstrukci syndesmózy a obnovení stability zadní části hlezenního kloubu.

Diagnostika, klasifikace a operační léčba zlomenin zadní hrany tibie je v literatuře intenzivně diskutována více než 200 let. Přes řadu studií neexistuje dosud jednotný názor, jak tato poranění klasifikovat a ošetřovat.

Luxační zlomeniny hlezna s odlomením zadního malleolu jsou velmi početnou skupinou různých typů fraktur. V literatuře se objevují i zvláštní typy zlomenin, které se odlišují svou specifickou morfologií a významnou závažností poranění. Patří sem tzv. Bosworthova a Maissonneuveova zlomenina hlezna.

Je nutno poukázat na komplexnost poranění hlezenního kloubu. Součástí závažných poranění skeletu dolní končetiny v oblasti hlezna a nohy tak mohou být různé kombinace poranění kostěných a vazivových struktur. Je to spojeno s nutností pečlivého klinického vyšetření a správného použití zobrazovacích metod v diagnostice.

4. HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE

Hypotézy:

- Různé typy luxačních zlomenin hlezna s odlomením zadní hrany tibie lze zařadit do jednotlivých skupin podle morfologie zlomeniny.
- Na základě morfologie zlomenin lze vytvořit klasifikaci s jejímž využitím je možno určit správnou volbu operační strategie se zaměřením na operační přístup.

Cíle práce:

- Analýza literatury a historického vývoje poznatků o zlomenině zadní hrany tibie u luxačních zlomenin hlezna.
- Rozbor anatomie hlezna ve vztahu k zadní hraně tibie a zejména fibulární incisurě distální tibie, stanovení kritéria hodnocení správného postavení v hlezenním kloubu.
- Diagnostika zlomenin zadní hrany tibie u zlomenin hlezna na dostatečně velkém souboru pacientů založená na konvenčním RTG a zejména CT vyšetření s provedením 2D a 3D rekonstrukcí.
- Stěžejním cílem práce je stanovení klasifikace zlomenin zadní hrany tibie u luxačních zlomenin hlezna na základě zjištěných průběhů lomných linií a nalezených hlavních typů fragmentů.
- Ověření správnosti navržené klasifikace a její využití pro klinickou praxi se stanovením vhodného operačního přístupu.
- V rámci vzniklého souboru pacientů s luxačními zlomeninami hlezna vysledovat specifické typy zlomenin hlezna s odlomením zadní hrany tibie důležité v klinické praxi.

5. MATERIÁL A METODIKA

V anatomické části jsme se zaměřili na anatomickou stavbu hlezenního kloubu, vazivový stabilizační aparát hlezna a zejména na oblast fibulární incisury tibie jako klíčové oblasti pro hodnocení stability kloubu při poranění zadní hrany tibie a ligamentózního aparátu u luxačních zlomenin hlezna. Ve studii zaměřené na fibulární incisuru byly použity vzorky mužských a ženských tibií z Pachnerovy osteologické sbírky Anatomického ústavu 1. LF UK. Tato sbírka poskytuje základní informace o každé kostře, tj. pohlaví, věk a výšku jedince v době smrti. Ze studie byly vyloučeny všechny vzorky s patologickými změnami a známkami poškození. Série tedy zahrnovala 261 tibií, z toho 190 mužských a 71 ženských, 142 pravých a 119 levých.

V klinicko-radiologické části jsme hodnotili na našem souboru pacientů s luxačními zlomeninami hlezna s odlomením zadní hrany tibie provedené základní RTG vyšetření a zejména pak CT vyšetření ve 2D a 3D rekonstrukcích, kde jsme aplikovali poznatky z výsledků anatomické části pro správné hodnocení CT skenů s cílem stanovení klasifikace zlomenin zadní hrany tibie u luxačních zlomenin hlezna.

U všech pacientů byly pořízeny rentgenové snímky po poranění v předozadní, bočné a projekci na kloubní šterbinu („mortise view“). V případě subluxe nebo luxace talu byla provedena emergentní uzavřená repozice v dostatečné intravenózní analgezií a byly provedeny kontrolní rentgenové snímky po repozici s naloženou fixací. U vysoko uložených zlomenin fibuly Weberova typu C (Maisonneuveova zlomenina) byly provedeny předozadní a bočné rentgenové snímky i celého bérce. Všichni pacienti podstoupili CT vyšetření s rekonstrukcemi v transversálních, sagitálních a frontálních rovinách. Rentgenové snímky byly použity k vyhodnocení typu fraktury fibuly, přítomnosti subluxe nebo luxace talu, typu mediální léze, tj. fraktury mediálního malleolu, ruptury deltového vazy nebo přítomnosti znamení „vločkového“ fragmentu při poranění

mediálního malleolu. Mediální „clear space“ 4 mm a více byl klasifikován jako ruptura deltového vazy. Suprasyndesmální (Weber typ C) fraktura fibuly byla klasifikována jako nízká (distální třetina), diafyzární (střední třetina) a vysoká (proximální třetina fibuly). CT vyšetření a 3D CT byly použity k vyhodnocení tvaru a velikosti fragmentu zadní hrany tibie. Za tímto účelem byl zadní okraj tibie rozdělen do následujících částí – zadní hrbolek tibie, zadní okraj, sulcus malleoli a zadní kolikulus. Dalším aspektem hodnocení bylo rozšíření zlomeniny do incisury. Interkolikulární žlábek byl stanoven jako konvenční kritérium pro rozlišení mezi trimalleolární zlomeninou hlezna a částečnou zlomeninou pilonu tibie. Byli zahrnuti pacienti s fragmentem zadní hrany nesoucím pouze zadní kolikulus mediálního kotníku, zatímco ti pacienti s fragmentem zadní hrany nesoucím celý mediální malleolus byli klasifikováni jako pacienti s částečnou zlomeninou tibiálního pilonu, a proto byli ze studie vyloučeni. Průřez plochy zadního fragmentu byl vyjádřen jako procento celého průřezu plochy distální tibie na CT transversálních skenech příslušným softwarem CT. Léze mediálního malleolu byla hodnocena pomocí klasifikace podle Pankoviče a Shrivarama. Zlomeniny byly rozděleny na základě CT na zlomeninu předního kolikulu, zlomeninu předního kolikulu a částečnou zlomeninu zadního kolikulu a zlomeninu celého mediálního malleolu, tj. zlomeninu bikolikulární.

Vzniklá klasifikace pak sloužila pro stanovení metody léčby a u operační terapie pak k návrhu nejvhodnějšího operačního přístupu možnou metodu fixace – osteosyntézy. Na souboru pacientů jednoho ze stanovených typů zlomeniny zadní hrany jsme pak vyhodnocovali RTG, CT a klinické výsledky provedených osteosyntéz jako klinické aplikace vzniklé klasifikace zlomenin zadní hrany tibie u luxačních zlomenin hlezna. Do studie byli zahrnuti pacienti operovaní v období mezi lednem 2010 a prosincem 2017 pro luxační zlomeninu hlezna se zlomeninou typu čtyři podle vzniklé klasifikace. Tento typ byl

definován jako velký posterolaterální trojúhelníkový fragment distální tibie zasahující zadní polovinu incisury a přibližně jednu třetinu kloubního povrchu distální tibie.

V klinické části jsme zachytili výskyt některých specifických typů luxačních zlomenin hlezna s odlomením zadní hrany tibie, které vyžadují v klinické praxi zvýšenou pozornost jak ve vlastní diagnostice, tak zejména v části terapeutické, kdy tyto typy zlomeniny jsou spojeny se zvýšením rizikem pórůrazových komplikací. Patří sem tzv. Maissonneuveova a Bosworthova zlomenina hlezna.

6. VÝSLEDKY

Měřením parametrů incisury, a to zejména její výšky a hloubky jsme dosáhli těchto výsledků:

Výška incisury: Průměrná výška v celé sérii byla $42,5 \pm 0,56$ mm (rozmezí 27–61); z toho u mužů 43 ± 6 mm (rozmezí 27–61) a u žen 42 ± 4 mm (rozmezí 33–51). Pouze 4 jedinci (1,5 %) vykazovali výšku incisury ≤ 30 mm a 4 jedinci (1,5 %) výšku ≥ 55 mm.

Maximální hloubka incisury a její úroveň ve vztahu ke kloubnímu povrchu distální tibie: Maximální hloubka incisury v celé sérii byla $4,5 \pm 1,2$ mm (rozsah 2–8), z toho u mužů $4,8 \pm 1,2$ mm (rozsah 2-8) a u žen 4 ± 1 mm (rozmezí 2,5-6,5). Celkem 145 (56 %) tibií bylo hlubších než 4 mm. Vzdálenost od nejhlubšího bodu incisury k nejvyššímu bodu kloubního povrchu distální tibie byla v celé sérii $5,3 \pm 1$ mm (rozmezí 3,8-8,5), z toho u mužů $5,7 \pm 1$ mm (4,1-8,5) a u žen $5,1 \pm 0,9$ mm (3,8-8,3).

Vytvořený základní soubor pacientů s RTG a CT diagnostikovanou zlomeninou zadní hrany tibie u luxační zlomenina hlezna obsahoval 141, resp. 137 hodnocených jedinců. Ve všech hodnocených případech našeho souboru nesl fragment zadní hrany část kloubního povrchu distální tibie. Byli jsme schopni zařadit každý ze 137 případů do následujících čtyř typů s konstantními patoanatomickými rysy.

Typ 1: extraincisurální fragment s neporušenou fibulární incisurou tibie

Typ 2: posterolaterální fragment zasahující do incisury

Typ 3: posteromediální dvoudílný fragment zasahující na mediální malleolus

Typ 4: velký posterolaterální trojúhelníkový fragment (zahrnující více než jednu třetinu incisury)

Ve 4 případech nebylo možné klasifikovat typ zadního tibiálního fragmentu. Byly souhrnně označovány jako „typ 5“ (nepravidelné, osteoporotické fragmenty).

Popsaná vzniklá klasifikace byla následně testována na dalších 169 pacientech, kdy u všech byly k dispozici 3D CT rekonstrukce. Toto rozšíření potvrdilo navrženou anatomickou 3D CT klasifikaci.

Pro hodnocení klinické použitelnosti klasifikace byl hodnocen soubor pacientů vysoce nestabilního typu IV. zlomenin zadní hrany u luxačních zlomenin hlezna. Operační rány se u všech 19 zařazených a hodnocených pacientů zhojily bez komplikací. Všechny zlomeniny, tj. ty, které postihly lýtkovou kost, zadní malleolus a vnitřní kotník, se zhojily během 3 měsíců po operaci. Průměrná velikost odlomeného kloubního povrchu neseného zadním malleolem činila 36 %. Repozice zlomeniny zadního malleolu byla hodnocena jako anatomická ve 14 případech a jako vyhovující v pěti případech. Poloha distální fibuly byla hodnocena jako anatomická v 15 případech. Průměrné skóre AOFAS bylo 89,4 bodů. Všech devět pacientů s anatomickou repozicí všech lézí dosáhlo průměrného skóre AOFAS 93,1 bodů, pět pacientů s malpozicí zadního malleolu 89,1 bodů a pět pacientů s malpozicí fibuly v incisurě 87,8 bodů. Celkem u šesti pacientů se rozvinuly osteoartrotické změny prvního a druhého stupně podle Kellgrenovy a Lawrence klasifikace.

Soubor našich pacientů s luxačními zlomeninami hlezna se zlomeninou zadní hrany obsahoval také 2 typy velmi specifických a klinicky závažných zlomenin – tzv. Bosworthovu (BF) a Maissonneuveovu zlomeninu (MF). Ve 47 článcích publikovaných v období 1947–2018 bylo popsáno celkem 97 případů BF. Mezi nimi bylo 61 případů spojeno s frakturou zadního malleolu, která byla dokumentována rentgenovými snímky (52 případů) nebo výslovně uvedena v textu (9 případů). V 10 případech byly provedeny a publikovány axiální CT snímky, 3krát v kombinaci s 3D CT rekonstrukcemi. U našich **13 pacientů** mělo **7** kompletní vyšetření CT, včetně 3D rekonstrukcí. Hodnotili jsme výskyt a charakter zlomeniny zadní hrany, typ zlomeniny na fibule, dislokaci zlomené fibuly ve vztahu k zadní hraně a následně provedení osteosyntézy

zlomeniny zadní hrany. U zlomeniny Maissonneuveovy soubor obsahoval 53 jedinců, kdy jsme hodnotili charakter zlomeniny proximální fibuly, poranění mediálních struktur, přítomnost a typ zlomeniny zadní hrany tibie, postavení distální fibuly v incisura fibularis tibiae a poranění tibiofibulární syndesmozy. Oba typy zlomenin ukázaly velký rozsah poranění a jeho závažnost pro klinickou praxi.

7. DISKUSE

• **Fibulární incisura tibiae (FN) – anatomická studie**

Tvarem a hloubkou FN se zabývala řada studií, při nichž byly použity kostní vzorky, plastinační řezy, CT snímky a MRI skeny. Ale až na několik výjimek se výsledky studií liší o 1 až 2 mm. Tyto rozdíly mohou být způsobeny etnickými nebo geografickými vlivy, věkem osteologických sbírek (naše série), metodou měření. Dalším významným faktorem je úroveň měření. Jedna skupina autorů měřila hloubku FN ve vzdálenosti 1 cm nad úroveň hlezenního kloubu, zatímco jiná skupina autorů nespecifikovala vzdálenost, ve které měřila hloubku FN od kloubního prostoru hlezna nebo k okraji pilonu tibiae. Pouze v naší studii jsme měřili hloubku FN ve 3 mm, 10 mm proximálně od kloubního povrchu distální holenní kosti a vzdálenost nejhlubšího bod FN od kloubního povrchu distální tibiae.

Nejvyšší hodnota hloubky FN v celé sérii byla v průměru 4,5 mm, což je přibližně medián hodnot naměřených jinými autory. Je to o 0,8 až 1,0 mm více než hodnota naměřená na kostních vzorcích v uváděných studiích. Žádný z autorů však nezmiňoval úroveň měření ve vztahu k *facies articularis inferior tibiae*.

Studie založené na CT a MRI představují hodnoty v rozmezí 2,2 mm - 4,1 mm. Chen a kol. zaznamenali na 3D CT rekonstrukci průměrnou hloubku FN u mužů 5,1 mm a u žen 4,2 mm.

Referenční linie 1 cm proximálně od kloubního povrchu distální tibiae byla použita Tonogai et al., Liu et al., Yu a kol. a Cherney a kol. při měření hloubky FN na CT.

Chen a kol. použili 3D CT rekonstrukce k měření hloubky FN 12 mm a 8 mm od kloubního povrchu distální tibiae u mužů, respektive žen, aniž by uvedli důvod takové volby.

Nejvyšší možnou hodnotu hloubky FN bez specifikace vzdálenosti od kloubního povrchu distální tibiae získali Gupta et al., Taser et al., Musa et al. a Kulkarni et al. na kostních vzorcích, Sora et al. na

plastinovaných preparátech Boszczyk et al. a Park et al. na CT a Yildirim et al. na MRI.

Podle údajů z literatury se hloubka a šířka FN zvyšuje v proximodistálním směru. To bylo potvrzeno také našimi výsledky, které ukazují, že nejhlubší bod FN leží 5 mm, a ne 10 mm, od kloubního povrchu distální holenní kosti. Na základě našich výsledků neexistuje důvod pro „konvenční“ vzdálenost 1 cm používanou mnoha autory.

Průměrná výška FN v naší studii byla 42,5 mm, což je výrazně více než hodnota uvedená Taserem a kol. - 29,3 mm a Musa et al. - 32,4 mm. Uvedená srovnání ukazují, že v naší studii byla šířka FN přibližně stejná jako ve studiích Taser a kol. a Musa et al., ale výška FN byla výrazně větší. Hodnotu nejbližší našemu měření představili Chen et al. - 35 mm, zatímco Gupta et al. a Kulkarni et al. neměřili výšku FN.

Všechny výše uvedené studie, jakož i řada dalších ukazují, že ve tvaru a hloubce FN existuje značná variabilita na axiální CT a MR skenech. Na základě těchto zjištění je otázkou, jak mohou tyto studie zlepšit metody hodnocení anatomické polohy distální fibuly u FN. Podle našeho názoru je jejich význam z několika důvodů velmi omezený.

Anatomie tibiofibulární syndesmózy je mnohem komplikovanější a výrazně se mění v proximodistálním směru. Tvar FN, konkrétněji jeho konkavita, je doplněn konstantní úzkou chrupavčitou facetou o tloušťce 1–2 mm, která artikuluje s opačnou facetou na distální tibií. Tato tibiální chrupavčitá faceta však v kostních vzorcích chybí a nelze ji zobrazit ani pomocí CT. V zadní části tibiofibulárního prostoru jsou obě kosti odděleny konstantním synoviálním záhybem. Výsledkem je, že kontakt mezi distální tibií a distální fibulou v oblasti FN je minimální, protože struktury syndesmózy jsou namáhány primárně distrakčními, nikoli kompresními silami.

Podobně se významně mění i tvar distální fibuly v proximodistálním směru na axiálních CT skenech. V proximálním směru ztrácí na

průřezu svůj trojúhelníkový tvar a stává se kulatým. To opět komplikuje hodnocení normálního tibiofibulárního vztahu.

Z těchto důvodů se domníváme, že je optimální vyhodnotit tibiofibulární vztah v oblasti FN na CT skenech získaných 5 mm nad úrovní kloubního povrchu distální tibie, kde má tibiofibulární prostor typický tvar, skládající se ze tří částí. Vepředu lze vidět malou trojúhelníkovou inkongruenci, ve skutečnosti vyplněnou trojúhelníkovým meniskoidem. Ve střední části jsou holenní a lýtková kost v přímém kontaktu a kontaktní plochy jsou pokryty hyalinní chrupavkou. V největší zadní části ve tvaru půlměsíce vyplňuje prostor mezi holenní a lýtkovou kostí konstantní synoviální záhyb. Anterolaterální povrch distální fibuly zjevně odpovídá přednímu aspektu distální tibie a posterolaterální povrch distální fibuly zadnímu aspektu distální tibie. Správnou úroveň CT axiálního řezu lze posoudit podle kondenzace spongiózní kosti v blízkosti mediálního malleolu

Výhodou naší studie je skutečnost, že hloubka a šířka FN byly měřeny na třech úrovních. Další výhodou je počet analyzovaných holenních kostí, který významně převyšuje jejich počet ve většině dosud publikovaných studií. Ve všech našich vzorcích byl navíc znám věk a pohlaví. Nevýhodou je věk naší osteologické sbírky, tj. 90 let. Menší střední tělesná výška populace té doby by mohla, i když minimálně, ovlivnit naše měření parametrů FN. Tato výhoda je však relativní, protože výška vyšetřovaných jedinců je dnes také ovlivněna jejich etnickým původem a různé etnické skupiny se liší tělesnými proporcemi.

- **Anatomie a klasifikace fragmentu zadní hrany tibie u zlomenin hlezna**

Zlomeniny zadního malleolu distální tibie se vyskytují přibližně u 46 % zlomenin a luxačních zlomenin hlezna typu Weber B a C. Otevřená repozice a vnitřní fixace dislokovaného fragmentu zadní hrany obnovuje kongruenci kloubního povrchu distální tibie, stabilitu

tibiotalárního kloubu a integrity fibulární incisury tibie. Rovněž usnadňuje repozici distální fibuly do fibulární incisury a obnovuje stabilitu tibiofibulární syndesmózy. Nedostatečná repozice zadního tibiálního fragmentu může mít za následek symptomatické zhojení ve špatném postavení vyžadující korekční osteotomii. Význam zlomenin zadního malleolu však zůstává kontroverzní. Jedním z hlavních důvodů je absence obecně přijaté klasifikace těchto poranění a kritérií pro vnitřní fixaci. Naše studie se zaměřila na poskytnutí komplexní a snadno použitelné klasifikace zlomenin zadní hrany tibie (zadního malleolu), která bude užitečná pro stanovení potřeby vnitřní fixace fragmentů a volbu chirurgického přístupu.

Radiologické klasifikace byly založeny na velikosti fragmentu v bočné projekci nebo konkrétněji na rozsahu postižení kloubního povrchu distální tibie. Řada studií prokázala nedostatečnost rentgenových snímků při hodnocení tvaru a velikosti fragmentů zadní hrany. Přesné posouzení velikosti a tvaru fragmentů zadní hrany vyžaduje jak transversální, tak sagitální CT řezy. Anatomii fragmentu nelze plně pochopit bez rekonstrukcí 3D CT. Na základě CT vyšetření tak vznikla „anatomická 3D CT klasifikace“.

Typ 1 naší navrhované klasifikace je *extraincisurální*. Tyto vzácné zlomeniny jsou výsledkem avulze buďto zadního tibiofibulárního vazy nebo intermalleolárního vazy.

Typ 2 naší navrhované klasifikace je *variabilní posterolaterální fragment* nesoucí 14% maximální plochy průřezu distální tibie obvykle zahrnující jednu čtvrtinu až třetinu fibulární incisury. Tento typ měl nejvyšší podíl zlomenin fibuly typu Weber C, včetně specifických případů fraktur s vysoko uloženou zlomeninou na fibule (Maisonneuve) pozorovaných v naší studii.

Typ 3 naší navrhované klasifikace se skládá ze *dvoudílného posteromediálního a posterolaterálního fragmentu*, který vždy zahrnuje mediální malleolus. S největší pravděpodobností to vyplývá

z kombinace kompresních a avulzních sil. Posteromediální část byla vždy větší než posterolaterální část a téměř vždy zahrnovala zadní kolikulus mediálního malleolu.

Typ 4 naší navrhované klasifikace je charakterizován *velkým trojúhelníkovým posterolaterálním fragmentem*. Představuje přechod k částečným zlomeninám tibiálního pilonu a je s největší pravděpodobností způsoben primárně tlakovými silami. Fragmenty typu 4 byly navíc téměř výlučně doprovázeny zlomeninami fibuly typu Weber B, zatímco fragmenty typu 2 měly nejvyšší podíl zlomenin typu Weber typu C. Na rozdíl od Haraguchi a kol. jsme našli korelaci mezi typy klasifikace, procentem maximální plochy průřezu fragmentů.

Na rozdíl od klasifikace Mullerovy / AO a Heimovy jsme nepozorovali žádný extraartikulární fragment. Analýza sagitálních CT skenů odhalila, že všechny fragmenty, včetně extracisurálních, nesly část kloubního povrchu distální tibie a v hlavní linii zlomeniny byly často přítomny další impresivní interkalární kloubní fragmenty.

Počet případů se subluxací nebo dislokací talu, plochou průřezu fragmentu, výškou fragmentu a mírou postižení fibulární incisury se v průběhu klasifikačních skupin zvýšil. To naznačuje, že navrhované typy skutečně představují stupnici rostoucí závažnosti poranění. Podobně jako ve studii založené na CT Yao et al. jsme našli korelaci mezi délkou a plochou fragmentů.

Neexistuje jasná dělicí čára mezi zlomeninami hlezna zahrnujícími pilon tibie a zlomeninami tibiálního pilonu, protože první může být výsledkem kombinace axiálních a rotačních sil a definice je otázkou konvence. Haraguchi a kol. použili transmalleolární linii, i když zahrnovali dva případy, kdy zadní fragment nesl celý mediální malleolus. V naší studii byl dělicí čarou interkolikulární žlábk. Pokud

je přední kolikulus součástí zadního fragmentu, je zlomenina klasifikována jako částečná zlomenina pilonu. Při rozlišování zlomenin hlezna a pilonu je třeba vzít v úvahu také průběh lomné linie zlomeniny mediálního malleolu. U zlomenin hlezna typu Weber B a C je mediální malleolus zlomen horizontálně nebo mírně šikmo. Pokud probíhá svisle s osou tibiální diafyzy, jedná se spíše o částečnou zlomeninu pilonu.

Diskuse jsou rovněž věnovány indikacím otevřené repozice a vnitřní fixace zlomenin zadního malleolu. I když neexistuje žádná vyšší úroveň důkazů, domníváme se, že je nezbytné brát v úvahu nejen velikost a dislokaci fragmentu zadní hrany, ale také integritu fibulární incisury a postižení mediálního malleolu. V klinické praxi autorů není fixace fragmentu zadní hrany indikována u zlomenin typu 1, ale je indikována ve všech případech zlomenin typu 4. U zlomenin typu 2 a 3 je rozhodnutí o operaci založeno individuálně podle výše uvedených kritérií.

Navrhovaná klasifikace může být také užitečná při stanovení nejlepšího chirurgického přístupu. U typů 2 a 4 byl téměř výlučně použit modifikovaný posterolaterální přístup s mobilizací peroneálních šlach. Nejprve se provádí otevřená repozice a fixace zadního malleolu, poté vnitřní fixace fibuly.

Pro fixaci fragmentů typu 3 je preferován posteromediální přístup. Umožňuje repozici a fixaci fragmentu zadního a mediálního malleolu. Na základě našich zkušeností stačí jediný posteromediální přístup k vizualizaci a repozici jak fragmentů zadního, tak mediálního malleolu.

Ve studii nebyl žádný z fragmentů typu 1 chirurgicky fixován. Fixace byla provedena u 26 pacientů (36%) s fragmenty typu 2, vždy z posterolaterálního přístupu. Chirurgický zákrok byl indikován, pokud byl větší fragment posunut o více než 3 mm. Fixace byla provedena u 25 pacientů (64%). Ve 24 případech byl použit posteromediální přístup a v jednom případě posterolaterální přístup. Všechny zadní

fragmenty typu 4 byly fixovány, 12 pomocí posterolaterálního přístupu a jeden pomocí posteromediálního přístupu.

- **CT kontrolované výsledky přímé repozice a vnitřní fixace fragmentu zadní hrany (PM) tibie u zlomenin hlezna – aplikace vzniklé klasifikace zlomenin zadní hrany tibie**

Recentní studie uvádějí lepší funkční a radiologické výsledky zlomenin PM léčených zadním přístupem ve srovnání s nepřímou repozicí fragmentu PM a fixací předozadně zavedenými šrouby. Většina z těchto studií navíc uvádí výsledky přímé repozice a fixace PM v kohortách s méně než 10 pacienty.

Žádná studie se dosud nezaměřovala na zlomeniny PM typu 4 podle nově vzniklé klasifikace (Bartoníček / Rammelt). Tyto vysoce nestabilní zlomeniny představují přechod k částečným zlomeninám tibiálního pilonu. Typickým znakem tohoto modelu zlomenin PM je vyšší průměrný věk pacientů a to o 8 let více než u pacientů se zlomeninou druhého typu a o 14 let více než u pacientů se zlomeninou třetího typu podle klasifikace Bartoníček / Rammelt. Dalším charakteristickým rysem je vysoká převaha žen ve srovnání se zlomeninami typu 2 a 3.

Fragment zlomeniny PM typu 4 nese jednu třetinu kloubního povrchu distální tibie a jeho neanatomická repozice představuje riziko reziduální subluxace a inkongruence tibiotalárního kloubu. Navíc je část fragmentu součástí zadní poloviny fibulární incisury. To vše zdůrazňuje důležitost přesné repozice a stabilní fixace PM. Výhodou tohoto typu zlomeniny PM je velikost PM usnadňující jeho repozici a stabilní fixaci, která nejen obnovuje kongruenci a stabilitu tibiotalárního kloubu, ale také stabilitu tibiofibulární syndesmozy. Snadnější repozici velkých fragmentů PM zmínil také McHale et al.

Velké fragmenty PM byly tradičně vystaveny nepřímé repozici a fixaci pomocí šroubů. Nepřímá repozice a fixace však s sebou nese

riziko nesprávné repozice. Tomu se lze v některých případech vyhnout transfibulární repozicí PM pod přímou kontrolou zrakově - „Weberův trik“. Výsledky nedávných studií však upřednostňují přímou repozici a vnitřní fixaci ze zadního přístupu, podobně jako zjištění naší CT analýzy přesnosti repozice PM a klinických výsledků. Na základě našich zkušeností považujeme posterolaterální přístup za výhodnější, pokud to umožňuje celkový charakter poranění a stav měkkých tkání. U některých zlomenin PM typu 3 s dislokací MM je preferován posteromediální přístup.

Studie využívající skóre AOFAS nebo AAOS k hodnocení zlomenin uvádějí průměrné hodnoty v rozmezí 82–93 bodů. Naše výsledky (89 bodů) s těmito studii korelují.

Velikost fragmentu PM, dislokace zlomenin, malredukce, poškození chrupavky, ženské pohlaví nebo vyšší věk byly diskutovány jako rizikové faktory pro rozvoj osteoartritických změn, což je v souladu s našimi nálezy týkajícími se zlomenin PM. V této malé skupině jsme však identifikovali osteoartritické změny u všech čtyř pacientů se zlomeninami podtypu 3 a věk pacientek s osteoartritickými změnami byl vyšší než průměrný věk série.

Silnou stránkou naší studie je předoperační CT vyšetření u všech pacientů umožňující přesné posouzení zlomenin PM a dalších lézí. Význam CT pro přesné stanovení typu zlomeniny PM, vyhodnocení polohy fibuly ve fibulární incisurě a předoperační plánování potvrdila řada autorů.

Další silnou stránkou naší studie jsou pooperační CT snímky umožňující přesné vyhodnocení repozice PM a repozice distální fibuly do fibulární incisury tibie. Pooperační CT vyšetření bylo standardně provedeno pouze v několika nedávných studiích.

- **Specifické typy luxačních zlomenin hlezna**

Součástí studie byly také 2 typy specifických zlomenin hlezna s odlomením zadní hrany tibie. Šlo o relativně vzácnou, ale o to komplexnější a závažnější Bosworthovu zlomeninu. Ve druhém případě pak o Maissonneuveovu zlomeninu, která se vykytuje do 5% případů luxačních zlomenin hlezna. Vzhledem k charakteru těchto poranění jim byla věnována zvýšená pozornost a ve studii byly podrobně zkoumány. Naše studie podtrhuje důležitost CT vyšetření u obou těchto typů zlomenin. Některé kostní léze typu abruptce Chaputova hrbolu či zlomenina zadní hrany tibie nejsou na standardních RTG snímcích často patrné, a pokud jsou, tak bez CT nelze zhodnotit jejich rozsah. Transverzální CT řezy jsou kruciální ke zhodnocení postavení distální fibuly v incisura fibularis tibiae.

8. ZÁVĚRY

• **Fibulární incisura tibie – anatomická studie**

V anatomickém studii jsme zjistili, že nejhlubší bod tibiální incisury (FN) je v úrovni incisurálních hrbolků přibližně 5 mm nad facies articularis inferior tibiae a jeho hodnota je v průměru 4,5 mm. Proto by mělo být hodnoceno postavení distální fibuly v incisure na CT řezech v této úrovni. V současné době obecně nejčastěji používané hodnocení postavení fibuly v incisure v úrovni 1 cm nad kloubním povrchem distální tibie není vhodná, protože v této vzdálenosti je FN mělčí a užší. Dále z naměřených parametrů výšky incisury lze doporučit nejvhodnější výši zavedení syndesmálního šroubu při operacích hlezna, a to v intervalu 25-60 mm nad kloubním povrchem distální tibie. Šroub zavedený pod tuto linii může poškodit kloubní povrch distálního tibiofibulárního skloubení a nad touto linií hrozí riziko sklouznutí šroubu při jeho zavádění vpřed nebo vzad a tím jeho nesprávné postavení.

• **Anatomie a klasifikace zlomenin zadní hrany tibie u zlomenin hlezna**

V klinicko-anatomické části jsme zjistili, že je nemožné na základě jednoduchých rentgenových snímků posoudit tvar a velikost fragmentu, zadního malleolu, postižení fibulární incisury nebo mediálního malleolu. Systém, který navrhujeme pro klasifikaci zlomenin zadního malleolu, je založen na CT vyšetření a zohledňuje velikost, tvar a umístění fragmentu, stabilitu tibiotalárního kloubu a integritu fibulární incisury. Může to být užitečné pro indikaci chirurgického zákroku a stanovení nejvhodnějšího operačního přístupu k těmto poraněním.

Recentní CT studie prokázaly, že poranění zadního malleolu jsou mnohem komplexnější a variabilnější, než jsme se dříve domnívali.

Při úvahách, zda zvolit při jejich léčbě konzervativní či operační postup, je třeba si uvědomit, jaký je důsledek odlomení zadní hrany.

Podle velikosti fragmentu a jeho lokalizace dochází:

- k inkongruenci tibiotalárního kloubu,
- k nestabilitě tibiotalárního kloubu,
- k porušení integrity incisura fibularis tibiae,
- k nestabilitě tibiofibulární vidlice.

Naopak repozicí a fixací odlomeného zadního malleolu obnovíme stabilitu a kongruenci tibiotalárního kloubu (především typ 4), obnovíme integritu incisura fibularis tibie a tím usnadníme repozici distální fibuly a obnovíme i stabilizační funkci lig. tibiofibulare posterius, které svým tahem napomáhá reponovat distální fibulu do incisury (typ 2), současně obnovíme i stabilitu tibiofibulární vidlice (typ 2). Znalost typu zlomeniny zadního malleolu je při tomto rozhodování nezbytná. Význam její repozice a osteosyntézy je však nutné posuzovat vždy v kontextu všech poranění hlezna.

Prosté RTG snímky jsou pro diagnostiku zlomenin zadního malleolu nedostatečné. Pro detailní posouzení tvaru fragmentu a průběhu lomných linií je nezbytné CT vyšetření ve všech třech rovinách a následné 3D CT rekonstrukce.

• CT kontrolované výsledky přímé repozice a vnitřní fixace zadní hrany tibie u zlomenin hlezna

Pro klinickou aplikaci nově vzniklé klasifikace luxačních zlomenin hlezna jsme vybrali typ 4. U trimalleolárních zlomenin hlezna se zlomeninou zadní hrany typu 4 bylo anatomické repozice a stabilní fixace a následně i dobrých funkčních výsledků dosaženo přímou repozicí a fixací fragmentu zadní hrany, se střední dobou sledování až 35 měsíců. Pro přesnou identifikaci všech lézí a předoperační plánování mělo zásadní význam předoperační CT vyšetření, zatímco pooperační CT vyšetření umožnilo vyhodnocení přesnosti repozice

všech zlomenin a repozice distální fibuly do fibulární incisury. Na základě pooperačního CT vyšetření tak je možné posoudit vliv repozice jednotlivých lézí na funkční výsledky.

• **Bosworthova zlomenina**

V naší sérii pacientů se zlomeninami hlezna s odlomením zadní hrany se objevily i některé specifické a z hlediska diagnostiky, léčby, a i prognózy velmi závažné typy zlomenin. Šlo o Bosworthovu a Maissonneuveovu luxační zlomeninu.

Sedmdesát procent všech uvedených Bosworthových luxačních zlomenin (BF) je spojeno s frakturou zadního malleolu (PM). Vzhledem k historicky málo používanému CT vyšetření může být skutečná prevalence zlomenin PM u těchto poranění dokonce vyšší. Patoanatomie fragmentu PM je vysoce variabilní, stejně jako druh dislokace fibuly u BF. Z těchto důvodů by mělo být CT u BF prováděno rutinně. Se současnými znalostmi by dislokované zlomeniny PM u BF zasahující fibulární incisuru tibie měly být operativně léčeny přímou repozicí a fixací z posterolaterálního přístupu.

• **Maisonneuveova zlomenina**

Druhou skupinou specifických zlomenin byla zlomenina Maisonneuveova. Naše studie i literární údaje potvrzují, že Maisonneuveova zlomenina je co do rozsahu a závažnosti variabilní poranění. Jeho spektrum se pohybuje od zlomenin stabilních až po zlomeniny vysoce nestabilní. Součástí MF je vždy ruptura lig. tibiofibulare anterius a lig. tibiofibulare interosseum. Membrana interossea bývá roztržena ve většině případů, ale pouze ve své distální třetině, nikoli až do výše zlomeniny na fibule, jak se běžně uvádí. Lig. tibiofibulare posterius nemusí být poraněno vždy. Za ekvivalent jeho léze lze považovat odlomení malleolus posterior, které jsme našli ve třech čtvrtinách našich případů. Výskyt a rozsah poranění mediálních

struktur hlezna (malleolus medialis, lig. deltoideum) je značně variabilní. Mohou chybět, mohou být parciální a mohou být kompletní. Pomýšlet je nutno i na osteochondrální zlomeniny kladky talu či kompresi laterální části kloubní plochy tibie. V literatuře ojediněle uváděné poranění fibulárních vazů (zevní kotník) jsme nezaznamenali. Zde je třeba dalších studií. Vzhledem k tomu, že řada poranění doprovázejících MF není patrná na prostých RTG snímcích, je nutné vždy doplnit CT vyšetření.

9. POUŽITÁ LITERATURA

1. Abdelgawad AA, Kadous A, Kanlic E. Posterolateral approach for treatment of posterior malleolus fracture of the ankle. *J Foot Ankle Surg.* 2011; 50:607–11.
2. Adams R. Ankle Joint, Abnormal conditions. In: Todd RB, et al. *The Cyclopaedia of Anatomy and Physiology of Man.* Vol. II. London: Longman; 1835-1836:154-164.
3. Amman E. Die Maisonneuve-Fraktur Resultate von 37 behandelten Fällen in der Jahren 1971–1981. Inauguraldissertation, Universität Basel 1981.
4. Amorosa LF, Brown GD, Greisberg J. A surgical approach to posterior pilon fractures. *J Orthop Trauma.* 2010; 24:188–93.
5. Ashhurst APC, Bromer RS. Classification and mechanism of fractures of the leg bones involving the ankle. *Arch Surg* 1922; 4:51-129.
6. Aurouer N, Seguette A, Hammel E. Fracture-luxation de cheville avec luxation rétrotibiale de la fibula (fracture de Bosworth): á propos de 2 cas. *Med Chir Pied* 2004;20:45–8.
7. Babis GC, Papagelopoulos PJ, Tsarouchas J, et al. Operative treatment for Maisonneuve fracture of the proximal fibula. *Orthopedics* 2000;23(7):687–690.
8. Bali N, Aktselis I, Ramasamy A, Mitchell S, Fenton P. An evolution in the management of fractures of the ankle. *Bone Joint J.* 2017;99:1496–501.
9. Bartoníček J, Frič V, Svatoš F, Luňáček L. Bosworth-type fibular entrapment injuries of the ankle – The Bosworth lesion. A report of 6 cases and literature review. *J Orthop Trauma* 2007;21:710–17. doi:10.1097/BOT.0b013e31815affb7.
10. Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M, et al. Posterior malleolar fractures of the ankle. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2015;41:587–600.

11. Bartoníček J, Džupa V, Frič V, et al. Epidemiologie a ekonomie zlomenin proximálního femuru, proximálního humeru, distálního radia a luxačních zlomenin hlezna. *Rozhl Chir*. 2008;87:213–219.
12. Bartoníček J, Kostlivý K, Rammelt S. Bosworth fracture. A report of two atypical cases and literature review of 108 cases. *Fuss Sprungg* 2017;15:126–37.
13. Bartoníček J, Kostlivý K, Trešl I. Zlomeniny zadní hrany tibie u zlomenin hlezna. *Rozhl Chir* 2012;91:506–12.
14. Bartoníček J, Kostlivý K. Historie zlomeniny zadní hrany tibie u luxačních zlomenin hlezna. *Ortopedie* 2014;8:132–6.
15. Bartoníček J, Rammelt S, Kašper Š, et al. Pathoanatomy of Maisonneuve fracture based on radiologic and CT examination. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139:497– 506. doi:10.1007/s00402-018-3099-2.
16. Bartoníček J, Rammelt S, Klika D et al. Klasifikace zlomenin zadní hrany tibie u zlomenin u zlomenin hlezna. *Rozhl Chir*. 2018;97:52–59.
17. Bartoníček J, Rammelt S, Kostlivý K, et al. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135:506–516. doi:10.1007/s00402-015-2171-4.
18. Bartoníček J, Rammelt S, Kostlivý K. Bosworth fracture: A report of two atypical cases and literature review of 108 cases. *Fuss Sprungg*. 2017;15:126–137. doi:10.1016/j.fuspru.2017.02.002.
19. Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M, Naňka O. Posterior malleolar fractures of the ankle. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2015;41:587–600. doi:10.1007/ s00068-015- 0560- 6.
20. Bartoníček J, Rammelt S, Tuček M. Posterior malleolar fractures: changing concepts and recent developments. *Foot Ankle Clin N Am* 2017;22:125–45 10.1016/j.fcl.2016.09.009.

21. Bartoníček J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. *Surg Radiol Anat* 2003;25:379–386.
22. Bartoníček J. Avulsed posterior edge of tibia – Earle’s or Volkmann’s triangle? *J Bone Joint Surg* 2004;86B:746-750.
23. Beekman R, Watson JT. Bosworth fracture-dislocation and resultant compartment syndrome. a case report. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:2211–14. doi:10. 2106/00004623-200311000-00025.
24. Bissuel T, Gaillard F, Dagneaux L, et al. Maisonneuve equivalent injury with proximal tibiofibular joint dislocation: Case report and literature review. *J Foot Ankle Surg.* 2017;56:404–407. doi:10.1053/j. jfas.2016.10.003.
25. Bois AJ, Dust W. Posterior fracture dislocation of the ankle: technique and clinical experience using a posteromedial surgical approach. *J Orthop Trauma* 2008; 22:629–636.
26. Bonnin JG. Injuries to the ankle. Heinemann, London 1950.
27. Bosworth DM. Fracture-dislocation of the ankle with fixed displacement of the fibula behind the tibia. *J Bone Joint Surg* 1947;29:130–5.
28. Boszczyk A, Kwapisz S, Krümmel M, Grass R, Rammelt S. How does incisura anatomy correlate with syndesmotomic malreduction? *Foot Ankle Int.* 2018;39:369–75.
29. Brzobohatá H, Krajíček V, Velemínský P, Velemínská J (2019) Three-dimensional geometry of human tibial anterior curvature in chronologically distinct population samples of Central Europeans (2900 BC—21st century AD). *Sci Rep* 9:4234
30. Buchler L, Tannast M, Bonel HM, et al. Reliability of radiologic assessment of the fracture anatomy at the posterior tibial plafond in malleolar fractures. *J Orthop Trauma* 2009;23:208–212.
31. Cappuccio M, Leonetti D, Di Matteo B, Tigani D. An uncommon case of irreducible ankle fracture-dislocation: the

- “bosworth-like” tibio-fibular fracture. *Foot Ankle Surg* 2017;23:e1–4. doi:10.1016/j.fas.2016.07.001.
32. Caranfil R. La fracture de Bosworth (Fracture-luxation de la cheville avec luxation rétro-tibiale du péroné) Présentation d’un cas. *Acta Orthop Belg* 1997;63:313–15.
 33. Cecil ML, Fenton PJ, Ebraheim NA. Fracture-dislocation of the ankle with fixed displacement of the fibula behind the tibia. *Orthop Rev* 1993;22:1255–8.
 34. Colenbrander RJ, Struijs PAA, Ultee JM. Bimalleolar ankle fracture with proximal fibular fracture. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2005;125:571–574. doi:10.1007/s00402-005-0035-z.
 35. Cooper AP, Travers B. *Surgical Essays. Part II.* London: Longman, Hurst; 1819:95-181, 234-235.
 36. Cooper AP. *A treatise on dislocations and on fractures of the joint.* London: Longman et al; 1822.
 37. Cotton FJ. A new type of ankle fracture. *J Am Med Ass* 1915;64:318-321.
 38. Dalmau-Pastor M, Vega J (2017) Letter regarding: cadaveric analysis of the distal tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int* 38:343–345
 39. de Souza LJ, Gustilo RB, Meyer TJ. Results of operative treatment of displaced external rotation-abduction fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67- A:1066–1074.
 40. Delasotta LA, Hansen RH, Sands AK. Surgical management of the posterior fibula fracture dislocation: case report. *Foot Ankle Int* 2013;34:1443– 1446.
 41. Destot E. *Traumatisme du pied et rayons X.* Paris, Masson 1911.
 42. DeVries JS, Wiggman AJ, Sierevelt IN, Schaap GR. Long term results of ankle fractures with a posterior malleolar fragment. *J Foot Ankle Surg* 2005;44:211– 17. doi:10.1053/j.jfas.2005.02.002.

43. Dienstknecht T, Horst K, Pape H-Ch. A 72-year-old patient with bilateral Maisonneuve fractures. *Clinics and Practice* 2012;2:e72 (180–181). doi:10.4081/ cp.2012.e72.
44. Donohoe S, Alluri RK, Hill JR, Fleming M, Tan E, Marecek G. Impact of computed tomography on operative planning for ankle fractures involving the posterior malleolus. *Foot Ankle Int.* 2017;38:1337–422.
45. Downey MW, Motley TA, Kosmopoulos V. The Bosworth ankle fracture: a retrospective case series and literature review. *EC Orthopaedics* 2016;3(1):243–53.
46. Downey MW, Fleming JJ, Elgamil B, et al. Syndesmosis injury with concomitant deltoid disruption in trimalleolar equivalent ankle fracture: A case. *Ann Sports Med Res.* 2015;2:1049(1–7).
47. Drijfhout van Hooff CC, Verhage SM, Hoogendoorn JM. Influence of fragment size and postoperative joint congruency on long-term outcome of posterior malleolar fractures. *Foot Ankle Int* 2015;36:673–8. doi:10.1177/ 1071100715570895.
48. Duchesneau S, Fallat LM. The Maisonneuve fracture. *J Foot Ankle Surg.* 1995;34:422–428.
49. Earle H. Simple, succeeded by compound dislocation forwards, of the inferior extremity of the tibia, with fracture of its posterior edge, comminuted fracture of the fibula, amputation of the leg, and death. *Lancet* 1828–29;II/6:346–348.
50. Ebraheim NA, Mekhail AO, Haman SP (1999) External rotation-lateral view of the ankle in the assessment of the posterior malleolus. *Foot Ankle Int* 20:379–383
51. Elgafy H, Semaan HB, Blessinger B, Wassef A, Ebraheim NA (2010) Computed tomography of normal distal tibiofibular syndesmosis. *Skelet Radiol* 39:559–564.

52. Ellanti P, Hammad Y, Grieve PP. Acutely irreducible ankle fracture dislocation: a report of a Bosworth fracture and its management. *J Emerg Med* 2013;44:e349–52.
53. Evers J, Barz L, Wahnert D, Grüneweller N, Raschke MJ, Ochman S. Size matters: the influence of posterior fragment on patient outcomes in trimalleolar ankle fractures. *Injury* 2015;46(Suppl 4):S109–13. doi:10.1016/S0020-1383(15)30028-0.
54. Fahey JJ, Schlenker LT, Stauffer RC. Fracture dislocation of the ankle with fixed displacement of the fibula behind the tibia. *Am J Radiol* 1956;76:1102–13.
55. Felsenreich F. Deuerresultat nach “percutaner Nagelung” von VERRINKUNGSBRÜCHEN des oberen Knöchelgelenkes mit Abbruch dritter Fragmente. *Arch Orthop Unfall-Chir* 1936;37:166-178.
56. Felsenreich F. Untersuchung ÜBER die Pathologie des sogenannten Volkmannschen Dreiecks neben Richtlinien moderner Behandlung schwerer Luxationsfrakturen des oberen Sprunggelenkes. *Arch Orthop Unfall-Chir* 1931;29:491-529.
57. Ferries JS, DeCoster TA, Firoozbakhsh KK, Garcia JF, Miller RA (1998) Plain radiographic interpretation in trimalleolar ankle fractures poorly assesses posterior fragment size. *J Orthop Trauma* 12:328–331
58. Fitzpatrick DC, Otto JK, McKinley TO, Marsh JL, Brown TD (2004) Kinematic and contact stress analysis of posterior malleolus fractures of the ankle. *J Orthop Trauma* 18:271–278
59. Fleming JL, Smith HO. Fracture-dislocation of the ankle with the fibula fixed behind the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 1954;36:556–8.
60. Foldager CB, Barckman J, Robertsen K, Borris LC. Bosworth fracture dislocation of the ankle: two case reports with

- perioperative illustration. *Trauma Case Reports* 2018;17:39–42. doi:10.1016/j.tcr.2018.09.009.
61. Forberger J, Sabandal PV, Dietrich M, Gralla J, Lattmann T, Platz A. Posterolateral approach to the displaced posterior malleolus: functional outcome and local morbidity. *Foot Ankle Int.* 2009;30:309–14.
 62. Friedburg H, Hendrich V, Wimmer B, Riede UN (1983) Computertomographie bei komplexen Sprunggelenksfrakturen. *Radiologie* 23:421–425
 63. Fujikawa H. The Bosworth type fracture-dislocation of ankle; 2 cases report. *Central Japan J Ass Orthop Surg Traumatol* 2013;56:419–20.
 64. Gardner MJ, Brodsky A, Briggs SM, et al. Fixation of posterior malleolar fractures provides greater syndesmotic stability. *Clin Orthop Relat Res* 2006;447:165–71.
 65. Gardner MJ, Streubel PN, McCormick JJ, Klein SE, Johnson JE, Ricci WM. Surgeon practices regarding operative treatment of posterior malleolus fractures. *Foot Ankle Int* 2011;32:385–93. doi:10.3113/FAI.2011.0385.
 66. Grondahl NB. Fractura marginalis posterior tibiae og andre bruddkomplikationer ved ankelbrudd. *Norsk Mag F Laegevidensk* 1913;47:1
 67. Gupta C, Nayak N, Palimar V (2018) A morphometric study of incisura fibularis in south Indian population with its clinical implications. *Int J Anat Appl Physiol* 4:84–86
 68. Halm JA, Knops SP, Toorenvliet BR. Luxatiefractuur van de enkel met posterieure verplaatsing van de fibula: de Bosworthfractuur. *Ned Tijdschr Tarum* 2011;19:160–3.
 69. Hamilton WC. *Traumatic disorders of the ankle*, 41–42. New York: Springer; 1984. p. 76–7.
 70. Hancock JB. Rare ankle fracture pattern: Bosworth fracture can lead to posttraumatic arthritis if unrecognized early. *MOJ*

Orthop Rheumatol 2015;2:1–4.
doi:10.15406/mojor.2015.02.00031.

71. Haraguchi N, Haruyama H, Toga H et al. Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg* 2006;88- A:1085–1092.
72. Harper MC, Hardin G. Posterior malleolar fractures of the ankle associated with external rotation-abduction injuries. Results with and without internal fixation. *J Bone Joint Surg* 1988;70-A:1348–1356.
73. Harper MC. Talar shift. The stabilizing role of the medial, lateral, and posterior ankle structures. *Clin Orthop Relat Res* 1990; 257:177–183.
74. Harris RI. Discussion (of Bosworth paper). *J Bone Joint Surg* 1947;29:135.
75. Heim D, Niederhauser K, Simbray N. The Volkmann dogma: a retrospective, long-term, single-center study. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2010;36:515–519.
76. Heim D. The posterior malleolus or Volkmann's triangle: coming to terms with the past. *Unfallchirurg*. 2013;116:781–788.
77. Heim U, Pfeiffer KM. *Periphere Osteosynthesen: unter Verwendung des Kleinfragment Instrumentariums der AO*, Heidelberg Springer-Verlag, Berlin, New York. 1991
78. Heim U. Indikation und Technik der Stabilisierung des hinteren Kantendreiecks nach Volkmann bei Malleolarfrakturen. *Unfallheilkunde* 1982;85:388–94.
79. Heim U. Malleolarfrakturen. *Unfallheilkunde* 1983;86:248–258.
80. Heim U. Trimalleolar fractures: Late results after fixation of the posterior fragment. *Orthopedics* 1989;12:1053–9.
81. Helferich H. *Atlas und Grundriss der traumatischen Frakturen und Luxationen*. 3. Auflage. MÜNCHEN: Lehmann; 1897:266.

82. Henderson MS. Trimalleolar fractures of the ankle. *Surg Clin N Am* 1932;12:867-872.
83. Hensel KS, Harpstrite JK. Maisonneuve fracture associated with a bimalleolar ankle fracture-dislocation: A case report. *J Orthop Trauma* 2002;16:525–528. doi:10.1097/00005131-200208000-00014.
84. Hermans JJ, Beumer A, De Jong TA, Kleinrensink GJ (2010) Anatomy of the distal tibiofibular syndesmosis in adults: a pictorial essay with a multimodality approach. *J Anat* 217:633–645
85. Hinds RM, Tran WH, Lorich DG. Maisonneuve-hyperplantarflexion variant ankle fracture. *Orthopedics* 2014;37:E140–144. doi:10.3928/01477447-20141023-92.
86. Hirschmann M, Mauch Ch, Mueller C, et al. Lateral ankle fracture with missed proximal tibiofibular joint instability (Maisonneuve injury). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16:952–956. doi:10.1007/s00167-008-0597-8.
87. Hoblitzell RM, Ebraheim NA, Merritt T, Jackson WT. Bosworth fracture-dislocation of the ankle. *Clin Orthop Rel Res* 1990;255:257–62.
88. Hoekstra H, Rosseels W, Rammelt S, Nijs S. Direct fixation of fractures of the posterior pilon via a posteromedial approach. *Injury.* 2017;48:1269–312.
89. Hu WK, Chen DW, Li B, Yang YF, Yu GR (2019) Motion of the distal tibiofibular syndesmosis under different loading patterns: a biomechanical study. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 27:1–6
90. Chan D, Jones D. Irreducible syndesmosis due to an entrapped posterior fragment. *Injury* 1995;26:569–572. doi: 10.1016/0020-1383(95)00087-p.
91. Chaput V. Les fractures malléolaires du cou-de-pieds et les accidents du travail. Paris: Masson; 1907

92. Charopoulos I, Kokoroghiannis C, Kragiannis S, et al. Maisonneuve fracture without deltoid ligament disruption: A rare pattern of injury. *J Foot Ankle Surg.* 2010;49:86e11–17. doi:10.1053/j.jfas.2009.10.001.
93. Chen DW, Bing L, Yang YF, Yu GR (2013) Posterior pilon fractures. *Foot Ankle Int* 34:766–767
94. Chen Y, Qiang M, Zhang K, Li H, Dai H (2015) A reliable radiographic measurement for evaluation of normal distal tibiofibular syndesmosis: a multi-detector computed tomography study in adults. *J Foot Ankle Res* 8:32
95. Cherney SM, Spraggs-Hughes AG, McAndrew CM, Ricci WM, Gardner MJ (2016) Incisura morphology as a risk factor for syndesmotic malreduction. *Foot Ankle Int* 37:748–754
96. Cheung K.Y., Choi S.H., Wong M.S. Bosworth fracture dislocation of the ankle. *Hong Kong J Orthop Surg* 2001:113–6.
97. Cho B.K., Choi S.M., Shin Y.D. Prognostic factors for intermediate-term clinical outcomes following Bosworth fractures of the ankle joint. *Foot Ankle Surg On line.* 10.1016/j.fas.2018.05.005.
98. Choi JY, Kim JH, Ko HT, Suh JS. Single oblique posterolateral approach for open reduction and internal fixation of posterior malleolar Fractures with an associated lateral malleolar fracture. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54:559–64.
99. Chung HJ, Park SL, Choi YS. Anterior compartment syndrome after surgery of Bosworth fracture-dislocation of the ankle – a case report. *J Korean Foot Ankle Soc* 2004;8:221–3.
100. Ikuta T, Toihata T, Yonetake T. A case of fracture-dislocation of ankle with fibula fixed behind tibia (Bosworth fracture-dislocation). *Orthop Trauma (Japan)* 2004;53:328–31.
101. Imade SI, Takao M, Miyamoto W, et al. Leg anterior compartment syndrome following ankle arthroscopy after

- Maisonneuve fracture. *Arthroscopy* 2009;25:215–8. doi:10.1016/j.arthro.2007.08.027.
102. Jaskulka RA, Ittner G, Schedl R. Fractures of the posterior tibial margin: their role in the prognosis of malleolar fractures. *J Trauma* 1989;29:1565–70. doi:10.1097/00005373-198911000-00018.
 103. Jehlička D, Bartoníček J, Svatoš F et al. Luxační zlomeniny hlezna u dospělých. I. část: Epidemiologické zhodnocení ročního souboru. *Acta Chir Orthop Traumatol Čech* 2002;69:243–247.
 104. Kalyani BS, Roberts CS, Giannoudis PV. The Maisonneuve injury: a comprehensive review. *Orthopedics* 2010;33:190–197. doi:10.3928/01477447-20100301-04.
 105. Karachalios T, Roidis N, Karoutis D, Bargiotas K, Karachalios GG (2001) Trimalleolar fracture with a double fragment of the posterior malleolus: a case report and modified operative approach to internal fixation. *Foot Ankle Int* 22:144–149
 106. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 1957;16:494–502.
 107. Khan F, Borton D. A constant radiological sign in Bosworth's fracture: "The axilla sign". *Foot Ankle Int* 2008;29:55–7. doi:10.3113/FAI.2008.0055.
 108. Kirschner P, Brünner M. Die Operation der Maisonneuve-Fraktur. *Oper Orthop Traumatol*. 1999;11:11–18.
 109. Klammer G, Kadakia AR, Joos DA, Seybold JD, Espinosa N. Posterior pilon fractures: a retrospective case series and proposed classification system. *Foot Ankle Int*. 2013;34:189–99.
 110. Kolman J. Maisonneuveova zlomenina. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 1999;66:41–45.

111. König F. Operative Chirurgie der KNOCHENBRÜCHE. Band I: Operationen am frischen und verschlepten Knochenbruch. Berlin: Springer; 1931:186.
112. König S. Über Absprengungsfrakturen am vorderen und hinteren Abschnitt des distalen Endes der Tibia mit BERÜCKSICHTIGUNG der Rissfrakturen. Inaugural-Dissertation. WÜRZBURG: STÜRTZ; 1912.
113. Kulkarni RR, Prakash ChR, Nidhi S (2012) Importance of fibular incisura measurements in ankle reconstructive surgeries. *Int J AJ Inst Med Sci* 1:80–85
114. Kumar G, Sankar B, Anand S, et al. Superior tibiofibular joint disruption as a variant of Maisonneuve injury. *Foot Ankle Surgery* 2004;10:41–43. doi:10.1016/S1268-7731(03)00104-8.
115. Langer B. Fracture-dislocation of the ankle with trapped fibula: a report of two cases. *Can J Surg* 1967;10:308–11.
116. Lauge N. Fractures of the ankle. *Arch Surg* 1948;56:259-317.
117. Lauge-Hansen N. Fractures of the ankle II. Combined experimental-surgical and experimental-roentgenologic investigations. *Arch Surg*. 1950;60:957–985.
118. Levack AE, Warner SJ, Gausden EB, Helfet DL, Lorich DG. Comparing functional outcomes after injury-specific fixation of posterior malleolar fractures and equivalent ligamentous injuries in rotational ankle fractures. *J Orthop Trauma*. 2018;32:e123–e128128.
119. Leveuf J. Traitment des fractures et luxations des membres. Paris: Masson; 1925:430-436.
120. Levy BA, Vogt KJ, Herrera DA, et al. Maisonneuve fracture equivalent with proximal tibiofibular dislocation. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;86–A:1111-6. doi:10.2106/JBJS.E.00954.
121. Lieder Ch, Riff A, Johnston P, Szatkowski J. A 30-year-old soccer player presents with a painful left ankle. *Orthop Today* 2014;111:1–5 <http://www.healio.com/orthopedics/sports->

medicine/news/print/orthopedics-today/%7B206f42a0- 02ca-49449ccb-e7d93a7834ab%7D/ .

122. Liu GT, Ryan E, Gustafson E, VanPelt MD, Raspovic KM, Lalli T, Wukich DK, Xi Y, Chhabra A (2018) Three-dimensional computed tomographic characterization of normal anatomic morphology and variations of the distal tibiofibular syndesmosis. *J Foot Ankle Surg* 57:1130–1136
123. Lounsbury BF, Metz AR. Lipping fracture of lower articular end of tibia. *Arch Surg* 1922;5:678–690.
124. Ludloff K. Weitere Erfahrungen mit der Verschraubung des Volkmannschen Dreiecks. *Zbl Chir* 1927;54:1002-1003.
125. Ludloff K. Zur Frage der KNÖCHELBRÜCHE mit Herausprengung eines hinteren Volkmannschen Dreiecks. *Zbl Chir* 1926;53:390-391.
126. Lui TH, Chan KB, Kong CC, Ngai WK. Ankle stiffness after Bosworth fracture dislocation of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128:49–53. doi:10. 1007/s00402-007-0352- 5.
127. Madhusudhan TR, Dhana SRM, Smith IC. Report of the case of a rare pattern of Maisonneuve fracture. *J Foot Ankle Surgery* 2008;47:160–162. doi:10.1053/j. jfas.2007.12.001.
128. Magid D, Michelson JD, Ney DR, Fishman EK (1990) Adult ankle fractures: comparison of plain films and interactive two- and three dimensional CT scans. *Am J Radiol* 154:1017–1023
129. Magnus L, Meijer DT, Stufkens SA, et al. Posterior malleolar fracture patterns. *J Orthop Trauma* 2015;29:428–35.
130. Maisonneuve JG. Recherches sur la fracture du peroné. *Arch Gen Med.* 1840;7:165–87,433–473.
131. Manyi W, Guowei R, Shengsong Y, et al. A sample of Chinese literature MRI diagnosis of interosseous membrane injury in Maisonneuve fractures of the fibula. *Injury* 2000;31:S-C107–110. doi:10.1016/ s0020-1383(00)80038-8.

132. Mata RMG. Fractura-luxación de Bosworth. *Rev Asoc Arg Ortop Traumatol* 1997;62:471–9.
133. Mayer PJ, Evarts CM. Fracture-dislocation of the ankle with posterior entrapment of the fibula behind the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:320–4.
134. McHale S, Williams M, Ball T. Retrospective cohort study of operatively treated ankle fractures involving the posterior malleolus. *Foot Ankle Surg.* 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.01.003>Epub ahead of print.
135. Meijer DT, de Muinck Keizer RJO, et al. Diagnostic accuracy of 2-dimensional computed tomography for articular involvement and fracture pattern of posterior malleolar fractures. *Foot Ankle Int* 2016;37:75–82.
136. Meisner. Eine typische Fraktur der Tibia im Talocruralgelenk. *Beitr Klin Chir* 1980;61:136-149
137. Merrill KD. The Maisonneuve fracture of the fibula. *Clin Orthop Rel Res.* 1993;287:218–23.
138. Meyers MH. Fracture about the ankle joint with fixed displacement of the proximal fragment of the fibula behind the tibia. *Clin Orthop Rel Res* 1965;42:67–72.
139. Miller AN, Carroll EA, Parker RJ, Helfet DL, Lorich DG. Posterior malleolar stabilization of syndesmotic injuries is equivalent to screw fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1129–35.
140. Mittlmeier T, Bartoníček J, Rammelt S. Das posteriore Tibiakantenfragment bei der Fraktur des oberen Sprunggelenks. *FussSprungg* 2016;14:79–93.
141. Molinari M, Bertoldi L, De March L. Fracture dislocation of the ankle with the fibula trapped behind the tibia. *Acta Orthop Scand* 1990;61:471–2 10.3109/17453679008993567.

142. Mori K, Nishitsuji K, Araki H, Imai T. Bosworth fracture-dislocation of ankle joint: a case report. *Orthop Trauma (Japan)* 2004;53:332–7.
143. Morris JR, Lee J, Thordarson D, et al. Magnetic resonance imaging of acute Maisonneuve fractures. *Foot Ankle Int.* 1996;17:259–263. doi: 10.1177/107110079601700504.
144. MÜLLER ME, Allgöwer M, Willeneger H, et al. Technik der operativen Frakturbehandlung. Berlin: Springer; 1963:123-124.
145. MÜLLER ME, Allgöwer M, Schneider R, Willneger H, et al. Manual der Osteosynthese. 3. Aufl. Berlin: Springer; 1991:595-612.
146. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J (1987) The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer, Berlin, pp 180–191
147. Musa M, Pamela M, Moses O, Beda O, Gichambira G (2014) Morphometric characteristics of the fibular incisura in adult Kenyans. *Anat J Afr* 3:243–249
148. Náhlík D, Hart R, Kozák T, et al. Osteosyntéza zadní hrany tibie – ano či ne? *Úraz Chir* 2011;19:64–70.
149. Nelson MC, Jensen NK. The treatment of trimalleolar fractures of the ankle. *Surg Gynec Obst* 1940;71:509-514.
150. O’Leary C, Ward FJ. A unique closed abduction-external rotation ankle fracture. *J Trauma* 1989;29:119–21. doi:10.1097/00005373-198901000-00027.
151. O’Sullivan E, Bowyer G, Webb AL (2013) The synovial fold of the distal tibiofibular joint: a morphometric study. *Clin Anat* 26:630–637
152. Obeid EMH, Amr M, Hirst P, et al. Percutaneous fixation of Maisonneuve and Maisonneuve-type fractures: a minimally invasive approach. *Injury* 1998;29(8):619– 622. doi: 10.1016/s0020-1383(98)00149- 1.

153. Odak S, Ahluwalia R, Unnikrishnan P, Hennessy M, Platt S. Management of posterior malleolar fractures: a systematic review. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55:140–5.
154. Pankovich AM, Shivaram MS (1979) Anatomical basis of variability in injuries of the medial malleolus and the deltoid ligament. I. Anatomical studies. *Acta Orthop Scand* 50:217–223
155. Pankovich AM, Shivaram MS (1979) Anatomical basis of variability in injuries of the medial malleolus and the deltoid ligament. II. Clinical studies. *Acta Orthop Scand* 50:223–236
156. Pankovich AM. Maisonneuve fracture of the fibula. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58- A:337–342.
157. Park CH, Kim GB (2019) Tibiofibular relationships of the normal syndesmosis differ by age on axial computed tomography—anterior fibular translation with age. *Injury* 50:1256–1260
158. Pelton K, Thordarson DB, Barnwell J. Open versus closed treatment of the fibula in Maisonneuve injuries. *Foot Ankle Int.* 2010;31:604–608. doi:10.3113/FAI.2010.0604.
159. Pérez RL, Costa IG. Atypical pattern of Maisonneuve’s fracture-dislocation. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2009;19:291–295. doi:10.1007/s00590-008-0415-5.
160. Perry CR, Rice S, Rao A, Burdge R. Posterior fracture-dislocation of the distal part of the fibula. Mechanism and staging of injury. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65:1149–57.
161. Pidet O, Goutallier D, Karray M. Fracture luxation de cheville avec luxation rétro-tibiale du péroné (fracture de Bosworth). *Rev Chir Orthop* 1995;81:631–4.
162. Prakash A (2017) Is incisura fibularis a reliable landmark for assessing syndesmotomic stability? A systematic review of morphometric studies. *Foot Ankle Spec* 10:246–251

163. Quenu E. Fracture de Maisonneuve (fracture dite par diastase). Bull Soc Chir. (Paris) 1906;32:943–45.
164. Rammelt S, Boszczyk A. Computed tomography in the diagnosis and treatment of ankle fractures. JBJS Reviews. 2018;6:e7.
165. Rammelt S, Heim D, Hofbauer LC, et al. Probleme und Kontroversen in der Behandlung von Sprunggelenkfrakturen. Unfallchirurg 2011;114:847–60.
166. Rammelt S, Marti RK, Zwipp H (2013) Joint-preserving osteotomy of malunited ankle and pilon fractures. Unfallchirurg 116:789–796
167. Rammelt S, Obruba P. An update on the diagnosis and treatment of syndemosis injuries. Eur J Trauma Emerg Surg. 2015;41:601–14
168. Rammelt S, Zwipp H, Mittlmeier T. Operative treatment of pronation fracture-dislocations of the ankle. Oper Orthop Traumatol 2013;25:275–93. doi:10.1007/s00064-013-0235-6.
169. Rammelt S, Zwipp H. Ankle fractures. In: Bentley G, editor. European instructional lectures 12. Berlin, HeidelbergNew York: Springer; 2012. p. 205–19.
170. Rostock P. Erkennung und Behandlung der KNOCHENBRÜCHE und Verletzungen. Leipzig: Barth; 1942:336.
171. Saraiva D, Pereira R, Sarmento A, Lemos R, Oliva XM. Artroscopia del tobillo en el tratamiento de la fractura se Bosworth. Acta Orthop Mex 2016;30:251–5.
172. Serfling HJ, BRÜCKNER R, Flemming F. Eine historische Studie zum Begriff des Volkmanschen Dreiecks. Zbl Chir 1966;91:1457-1466.
173. Sharif B, Welck M, Saifuddin A (2020) MRI of the distal tibiofibular joint. Skeletal Radiol 49:1–17

174. Shi HF, Xiong J, Chen YX, Wang JF, Qiu XS, Huang J, Gui XY, Wen SY, Wang YH. Comparison of the direct and indirect reduction techniques during the surgical management of posterior malleolar fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;14(18(1)):109. doi:10.1186/s12891-017-1475-7.
175. Schatzker J, Mc Broom R, Dzioba R. Irreducible fracture dislocation of the ankle due to posterior dislocation of the fibula. *J Trauma* 1977;17:397–401.
176. Schepers T, Hagenars T, Hartog DD. An irreducible ankle fracture dislocation: the Bosworth injury. *J Foot Ankle Surg* 2012;51:501–3. doi:10.1053/j.jfas.2012.04.011.
177. Silverio A, Rebich E, Basso-Williams M, Vardiabasis N, Robinson M. Bosworth ankle fracture dislocation: a case report. *Extremitas* 2014;1:40–2.
178. Simonovich Z. Fractura luxation de Bosworth. *Bol Trab Soc Argent Orthop Traumatol* 1975;40:193–211.
179. Slawski DP, West C. Maisonneuve fracture with an associated distal fibular fracture. *Clin Orthop Rel Res.* 1995;317:193–198.
180. Smith MG, Ferguson E, Kurdy NM. Persistent diastasis in a Maisonneuve fracture-interposition of a tibial osteochondral fragment: A case report. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44:225–227. doi:10.1053/j.jfas.2005.02.004.
181. Solan MC, Sakellariou A. Posterior malleolus fractures: worth fixing. *Bone Joint J.* 2017;99:1413–9.
182. Somford MP, Wiegerinck JI, Hoornenborg D, van den Bekerom MPJ. Ankle fracture eponyms. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95/24:e198(1-7).
183. Sora MC, Strobl B, Stavkov D, Förster-Streffleur S (2004) Evaluation of the ankle syndesmosis: a plastination slices study. *Clin Anat* 17:513–517
184. Souligoux. Des fractures du cou-de-pied. *Tribune Med* 1913;47:1

185. Sproule JA, Khalid M, O'Sullivan M, et al. Outcome after surgery for Maisonneuve fracture of the fibula. *Injury* 2004;35:791–798. doi:10.1016/S0020-1383(03)00155-4.
186. Streubel PN, McCormick JJ, Gardner MJ. The posterior malleolus: should it be fixed and why? *Curr Orthop Pract* 2011;22:17–24. doi:10.3113/FAI.2011.0385.
187. Stufkens SA, van den Bekerom MPJ, Doornberg JN. et al. Evidence-based treatment of Maisonneuve fractures. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50:62–67. doi:10.1053/j.jfas.2010.08.017.
188. Switaj PJ, Weatherford B, Fuchs D, et al. Evaluation of posterior malleolar fractures and the posterior pilon in operatively treated ankle fractures. *Foot Ankle Int* 2014;35:886–95.
189. Szalay Y, Roberts JB. Compartment syndrome after Bosworth fracture-dislocation of the ankle: a case report. *J Orthop Traum* 2001;15:301–3.
190. Tanton J. *Fractures en général: Fractures des membres inférieurs.* JB Bailliere, Paris 1916.
191. Taser F, Toker S, Kilincoglu V (2009) Evaluation of morphometric characteristics of the fibular incisura on dry bones. *Joint Dis Rel Surg* 20:52–58
192. Tejwani NC, Pahk B, Egol AE. Effect of posterior malleolus fracture on outcome after unstable ankle fracture. *J Trauma* 2010;69:666–9. doi:10.1097/TA.0b013e3181e4f81e.
193. Tonogai I, Hamada D, Sairyo K (2017) Morphology of the incisura fibularis at the distal tibiofibular syndesmosis in the Japanese population. *J Foot Ankle Surg* 56:1147–1150
194. Trojan E. Die Behandlung der KNÖCHELBRÜCHE mit Abscherung eines grossen hinteren Schienbeinkeiles. *Z Orthop* 1953;84:636-644.
195. van den Bekerom MPJ, Haverkamp D, Kloen P. Biomechanical and clinical evaluation of posterior malleolar fractures. A

- systematic review of the literature. *J Trauma* 2009;66:279–84. doi:10.1097/TA.0b013e318187eb16.
196. van Wessem KJP, Leenen LPH. A rare type of ankle fracture: Syndesmotic rupture combined with a high fibular fracture without medial injury. *Injury* 2016;47:766–755. doi:10.1016/j.injury.2016.01.003.
 197. Verhage SM, Boot F, Schipper IB, Hoogendoorn JM. Open reduction and internal fixation of posterior malleolar fractures using the posterolateral approach. *Bone Joint J.* 2016;98:812–7.
 198. Verhage SM, Krijnen P, Schipper IB, Hoogendoorn JM. Persistent postoperative step-off of the posterior malleolus leads to higher incidence of posttraumatic osteoarthritis in trimalleolar fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2018;138:1213–22. doi:10.1007/s00402-018-2949-2.
 199. Verhage SM, Schipper IB, Hoogendoorn JM. Long-term functional and radiographic outcomes in 243 operated ankle fractures. *J Foot Ankle Res.* 2015;8:45.
 200. Vidović D, Elabjer E, Muškardin IVA, Milosevic M, Bekic M, Bakota B. Posterior fragment in ankle fractures: anteroposterior vs posteroanterior fixation. *Injury.* 2017;48:S65–S6969.
 201. Volkmann R. Beiträge zur Chirurgie anschliessend an einen Bericht ÜBER die Thätigkeit der chirurgischen Universitäts-klinik zu Halle im Jahre 1873. *Cbl Chir* 1875;2:353-358.
 202. Volkmann R. Die Behandlung der complicierten Fracturen. In: Volkmann R (ed). *Sammlung klinischer Vorträge in Verbindung mit deutschen Klinikern.* Leipzig: Breitkopf und Härtel; 1875:922-976.
 203. Wang L, Shi ZM, Zhang CQ, Zeng BF. Trimalleolar fracture with involvement of the entire posterior plafond. *Foot Ankle Int.* 2011;32:774–81.

204. Wang Y, Wang J, Luo CF. Modified posteromedial approach for treatment of posterior pilon variant fracture. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17:328.
205. Weber BG. *Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes.* Bern: Huber; 1966:102.
206. Weber M (2004) Trimalleolar fractures with impaction of the posteromedial tibial plafond: implications for talar stability. *Foot Ankle Int* 25:716–727
207. Weber M, Ganz R. Malunion following trimalleolar fracture with posterolateral subluxation of the talus – reconstruction including the posterior malleolus. *Foot Ankle Int* 2003;24:338–44. doi:10.1177/107110070302400406.
208. White SP, Pallister I. Fracture-dislocation of the ankle with fixed displacement of the fibula behind the tibia – a rare variant. *Injury* 2002;33:292–4. doi:10.1016/s0020-1383(01)00104-8.
209. Wolfram D, Lottersberger C, Blauth M, et al. Mögliche Nervenverletzungen bei Sprunggelenk luxationsverletzungen trimalleoläre Fraktur mit Beteiligung der proximalen Fibula. *Unfallchirurg* 2007;110:70–44. doi:10.1007/s00113-006-1183-5.
210. Wright SE, Legg A, Davies MB. A contemporary approach to the management of Bosworth injury. *Injury* 2012;43:252–3. doi:10.1016/j.injury.2011.09.017.
211. Xu HL, Li X, Zhang DY, Fu ZG, Wang TB, Zhang PX, et al. A retrospective study of posterior malleolus fractures. *Int Orthop.* 2012;36:1929–36.
212. Yang KH, Won Y, Lim JR. Assessment of Bosworth-type fracture by external oblique radiographs. *Am J Emergency Med* 2014;32:1387–90. doi:10.1016/j.ajem.2014.08.062.
213. Yao L, Zhang W, Yang G, et al. Morphologic characteristics of the posterior malleolar fragment: a 3-D computer tomography based study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014;134:389–394.

214. Yeoh CSN, Tan GMJ. Bosworth fracture-dislocation of the ankle: a case report. *J Orthop Surg* 2013;21:249–52.
215. Yildirim H, Mavi A, Büyükbeci O, Gümüşburun E (2003) Evaluation of the fibular incisura of the tibia with magnetic resonance imaging. *Foot Ankle Int* 24:387
216. Yoshimura I, Naito M, Kanazawa K, et al. Arthroscopic findings in Maisonneuve fractures. *J Orthop Sci.* 2008;13:3–6. doi:10.1007/s00776-007-1192-4.
217. Yu M, Zhang Y, Su Y, Wang F, Zhao D (2018) An anthropometric study of distal tibiofibular syndesmosis (DTS) in a Chinese population. *J Orthop Surg Res* 13:95–102
218. Yuan FF, Chen K, Ma N, Yu G. Effectiveness of open reduction and internal fixation for Bosworth fracture. *Chinese J Reparativ Reconstruct Surg* 2013;27:1054–
219. Zenker H, Nerlich M (1982) Prognostic aspects in operated ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 100:237–241

Seznam publikací autora:

1. publikace in extenso, které jsou podkladem disertace

a) s IF

1. Bartoníček J, Rammelt S, **Kostlivý K**, Vaněček V, Klika D, Trešl I. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. Arch Orthop Trauma Surg. 2015 Apr;135(4):505-16. doi: 10.1007/s00402-015-2171-4. Epub 2015 Feb 24 **IF – 1,496**
2. Tuček M, Rammelt S, **Kostlivý K**, Bartoníček J. CT controlled results of direct reduction and fixation of posterior malleolus in ankle fractures. Eur J Trauma Emerg Surg. 2020 Feb 1. doi: 10.1007/s00068-020-01309-0. **IF - 3.693**
3. Fojtík P, **Kostlivý K**, Bartoníček J, Naňka O. The fibular notch: an anatomical study. Surg Radiol Anat. 2020 Oct;42(10):1161-1166. doi: 10.1007/s00276-020-02476-w. Epub 2020 Apr 25. **IF - 1.246**
4. **Kostlivý K**, Bartoníček J, Rammelt S. Posterior malleolus fractures in Bosworth fracture-dislocations. A combination not to be missed. Injury. 2020 Feb;51(2):537-541. doi: 10.1016/j.injury.2019.10.088. Epub 2019 Oct 31. **IF - 2.318**
5. Bartoníček J, Rammelt S, **Kostlivý K**. Bosworth fracture complicated by unrecognized compartment syndrome: a case report and review of the literature. Arch Orthop Trauma Surg. 2021 Feb 17. doi: 10.1007/s00402-021-03815-1. **IF - 3.067**
6. Bartoníček J, **Kostlivý K**, Trešl I. Zlomeniny zadní hrany tibie u zlomenin hlezna. Rozhl Chir 2012;91:506–12.
IF – 0,121

7. **Kostlivý K**, Rammelt S, Bartoníček J. An unusual peripheral nonarticular fracture of the talus. Fuß & Sprunggelenk. 2016, 14(1), 32-37. ISSN 1619-9987. DOI: 10.1016/j.fuspru.2016.01.001 **IF – 0,328**
8. Bartoníček J, Rammelt S, Klika D, Naňka O, Tuček M, **Kostlivý K**, Vaněček V. Classification of posterior malleolar fractures in ankle fractures. Rozhl Chir. 2018 Winter;97(2):52-59. **IF – 0,224**
9. Kašper Š, Bartoníček J, **Kostlivý K**, Malík J, Tuček M. Maisonneuve fracture. Rozhl Chir. 2020 Winter;99(2):77-85. doi: 10.33699/PIS.2020.99.2.77-85. **IF – 0,219**

b) bez IF

1. Bartoníček J, **Kostlivý K**. Historie zlomeniny zadní hrany tibie u luxačních zlomenin hlezna. Ortopedie 2014; 8:132–6.

2. publikace *in extenso* bez vztahu k tématu disertace

a) s IF

1. Bartoníček J, **Kostlivý K**, Pethö R.,Trochanteric fractures - operative technique. Rozhl Chir. 2013 Oct;92(10):595-606 **IF – 0,121**
2. Herdegen P, Štrupová L, Visokai V, **Kostlivý K**. Laparoscopic management of epidermoid spleen cyst. Rozhl Chir. 2007 Jun;86(6):313-7. **IF – 0,155**

b) bez IF