

**Univerzita Karlova**

**1. lékařská fakulta**

Autoreferát disertační práce



**UNIVERZITA KARLOVA**  
**1. lékařská fakulta**

**Poranění syndesmózy u luxačních zlomenin hlezna**

**- Maisonneuveova zlomenina**

**MUDr. Petr Fojtík**

**Praha 2023**

**Doktorské studijní programy v biomedicině**  
*Univerzita Karlova a Akademie věd České republiky*

Obor: Experimentální chirurgie

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

Školící pracoviště: Klinika ortopedie 1. LF UK a ÚVN Praha

Školitel: doc. MUDr. Ondřej Naňka, Ph.D.

Konzultant: prof. MUDr. Jan Bartoníček, DrSc.

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.

## Abstrakt

Maisonneuveova zlomenina (MZ) je luxační zlomenina hlezna způsobená zevně rotačním násilím. V tradičním pojetí obsahuje subkapitální zlomeninu fibuly, poranění tibiofibulární syndesmózy a *membrana interossea* a je považována za velmi nestabilní poranění.

Experimentálním (anatomickým) cílem disertace bylo detailní studium *incisura fibularis tibiae* (IFT), její maximální hloubka a lokalizace vzhledem ke kloubní štěrbině hlezna. Druhým experimentálním cílem byl detailní popis laterální plochy distální fibuly, kde se nachází výrazná, ale dosud bezejmenná hrana, která dává distální fibule na transverzálním řezu typický triangulární tvar (pracovně nazvaná *crista malleoli lateralis*, CML). Obě tyto struktury jsou nesmírně důležité při diagnostice i léčbě zlomenin hlezna. Klinická část práce zahrnovala přehled veškeré literatury věnované MZ a dále analýzu našeho souboru pacientů s MZ se zaměřením na zlomeninu *malleolus posterior* (MP).

Anatomické studie byly provedeny na 352 suchých kostěných preparátech dospělých tibií a fibul. Klinická studie byla provedena na souboru 100 pacientů s MZ u dospělých pacientů ošetřených na Klinice ortopedie 1.LF UK a ÚVN v Praze v letech 2012-2022.

V experimentální části práce byly detailně popsány dvě anatomické struktury a to IFT a CML. Bylo lokalizováno nejhlubší místo IFT, které souvisí s hodnocením polohy distální fibuly v IFT na CT skenech. CML jsme popsali vůbec jako první. Její tvar a průběh má zásadní význam pro operační stabilizaci tibiofibulární vidlice syndesmálními šrouby a při osteosyntéze zlomenin zevního kotníku.

Analýza všech dostupných studií věnovaných MZ v klinické části ukazuje, že MZ není všemi autory vnímána stejně (rozdíly ve stabilitě zlomeniny i výčtu poraněných struktur). Zásadní roli při diagnostice proto hraje CT, které je třeba provádět před i pooperačně.

Zlomenina MP se u MZ v naší studii vyskytuje v 74 %. Její význam byl doposud podceňován, přestože zásadním způsobem porušuje integritu IFT a destabilizuje tibiofibulární vidlici. Proto je třeba při operaci provést nejprve repozici a osteosyntézu MP, čímž se obnoví i integrita IFT.

## Abstract

A Maisonneuve fracture (MF) is a fracture dislocation of the ankle caused by external rotational force. In the traditional concept it includes a subcapital fracture of the fibula, an injury to the tibiofibular syndesmosis and to the interosseous membrane, and it is considered as an unstable injury. The experimental (anatomical) goal of the dissertation work was a detailed study of the *incisura fibularis tibiae* (IFT), its maximum depth and its localization relative to the articular surface of the ankle. The second experimental goal was a detailed description of the lateral surface of the distal fibula, where there is a prominent but still nameless edge that gives the distal fibula its typical triangular shape on a transverse section (workingly we called it lateral malleolar crest, LMC). Both of these structures are extremely important in the diagnosis and treatment of ankle fractures. The clinical part of the work included an overview of all the literature devoted to MF and further analysis of our group of patients with MF with a focus on the posterior malleolus (PM) fracture. Anatomical studies were performed on 352 dry bone specimens of adult tibiae and fibulae. The clinical study was conducted on a group of 100 patients with MF in adult patients treated at The Department of Orthopedics, 1st Faculty of Medicine, Charles University, The Central Military Hospital, in the years 2012-2022. In the experimental part of the work, two anatomical structures were described in detail, i.e. IFT and LMC. The deepest point of the IFT was located and related to the assessment of the distal fibula position in the IFT on CT scans. We were the first to describe LMC. Its shape and course are of fundamental importance for operative stabilization of the tibiofibular fork with syndesmal screws and for plate osteosynthesis of external ankle fractures. The analysis of all available studies devoted to MF in the clinical part shows that MF is not perceived the same by all authors (differences in the stability of the fracture and the list of injured structures). CT therefore plays a fundamental role in diagnosis, which must also be performed pre and postoperatively. PM fracture occurs in 74% of MFs in our study. Its importance has so far been underestimated, even though it fundamentally violates the integrity of the IFT and destabilizes the tibiofibular fork.

# 1. Úvod

Poranění tibiofibulární syndesmózy patří u luxačních zlomenin hlezna k jedné z nejdiskutovanějších problematik [65]. V posledních letech je mimořádná pozornost věnována postavení distální fibuly v incisura fibularis tibie (IFT), zejména CT diagnostice včetně metod měření a technice repozice [25,37]. To se týká především tzv. zlomenin typu Weber C, kde specifický problém představuje Maisonneuveova zlomenina (MZ). Termín MZ je všeobecně velmi dobře znám. Recentní CT a MR studie však ukázaly, že tomuto poranění byla v literatuře věnována minimální pozornost, a že stále převládají desítky let staré představy o pathoanatomii této zlomeniny, které se v řadě aspektů rozcházejí s poznatky novými [6,25,37]. MZ tak představuje nedořešenou kapitolu luxačních zlomenin hlezna.

MZ byla poprvé popsána v r. 1840 Julesem Germainem Francoisem Maisonneuvem (1809–1897), francouzským chirurgem [47], na základě experimentů prováděných na kadaverech. Tradičně je chápána jako subkapitální zlomenina fibuly, která byla způsobena zevně rotačním násilím. Nedílnou součástí je poranění tibiofibulární syndesmózy a *membrana interossea*, díky čemuž je považována za nestabilní poranění. MZ se podílí na 3,5 až 7 % všech luxačních zlomenin hlezna [35,40,69,75]. Poměr mužů a žen i jejich průměrný věk se relativně liší dle jednotlivých autorů.

Starší studie MZ vycházely z rentgenových a peroperačních nálezů a zaměřovaly se především na poranění vazů tibiofibulární vidlice, tj. *lig. tibiofibulare anterius* (LTFA), *lig. tibiofibulare interosseum* (LTFI), *lig. tibiofibulare posterius* (LTFP) a *membrana interossea* (MI). Recentní CT studie [6,25,37] však ukazují, že MZ je mnohem komplexnější poranění, a pod pojem MZ je třeba zařadit poranění řady dalších struktur (mediálního malleolu, zadní hrany tibie a Tillaux-Chaputova hrbolu).

## 2. Hypotézy a cíle práce

Práce byla rozdělena do dvou částí a to experimentální (anatomické) a klinické.

**Experimentální část** je založena na studiu anatomických preparátů tibií a fibul pocházejících z Pachnerovy sbírky [55]. Prvním cílem této části disertace bylo detailní studium anatomie IFT. Zajímala nás především její maximální hloubka včetně lokalizace vzhledem ke kloubní štěrbině hlezna. V tomto místě je totiž nejvhodnější hodnotit postavení distální fibuly v IFT na CT řezech.

Druhým cílem bylo detailně popsat anatomii distální fibuly, zejména její zevní (laterální) plochy. Zde se nachází výrazná, ale dosud bezejmenná hrana, která dává zevní ploše distální fibuly na CT axiálních skenech typický triangulární tvar. Ten je významný pro posuzování postavení distální fibuly v IFT. Tvar a průběh hrany, kterou jsme pracovníčně nazvali *crista malleoli lateralis* (CML), má zásadní význam pro zavádění syndesmálních šroubů a přikládání dlahy při osteosyntéze zlomenin zevního kotníku.

**Klinická část** vychází z metaanalýzy veškeré dostupné literatury související s MZ (od roku 1840 až po současnost). Na základě této analýzy jsme se zaměřili na problematiku zlomenin tzv. zadního malleolu (*malleolus posterior*, MP) u MZ, které se vyskytují podle recentních studií v až 83 % případů. To je mnohem více, než bylo obecně u luxačních zlomenin hlezna udáváno. Zlomenina MP porušuje integritu IFT a destabilizuje tibiofibulární vidlici, neboť odlomený fragment nese úpon LTFP. Vzhledem k tomu, že v dosavadních studiích byly zlomeniny MP u MZ zmíněny pouze obecně, zaměřili jsme se na jeho pathoanatomii včetně dislokace a rozsahu poškození IFT. Vycházeli jsme přitom z hypotézy, že v případě rozsáhlejšího poškození IFT je nutné nejdříve repozicí a fixací MP obnovit její integritu, což významně usnadní repozici distální fibuly. Analyzovali jsme soubor 100 MZ, u kterých bylo provedeno pouřazové CT vyšetření včetně 3D CT rekonstrukcí. Takto velký soubor nebyl dosud v literatuře publikován.

### 3. Materiál a metodika

**Anatomické studie** byly provedeny na 352 suchých kostních preparátech tibií a fibul dospělých jedinců pocházejících z Pachnerovy sbírky Anatomického ústavu 1. LF UK a Katedry antropologie a genetiky člověka Přírodovědecké fakulty UK v Praze. Ve studii zaměřené na *incisura fibularis tibiae* jsme měřili délku tibie, výšku IFT, šířku IFT v nejširším místě, 3 a 10 mm nad nejvyšším místem *facies articularis inferior*, hloubku IFT v nejhlubším místě, 3 a 10 mm nad nejvyšším místem *facies articularis inferior* a nakonec vzdálenost nejhlubšího místa IFT od nejvyššího bodu *facies articularis inferior tibiae*.

Ve studii zaměřené na *crista malleoli lateralis* jsme na každé fibule sledovali výskyt CML a její vliv na tvar zevní plochy zevního kotníku (LM). Následně jsme měřili celkovou délku fibuly (F), celkovou délku CML (LCM), délku CML od horního okraje kloubní plochy LM do nejproximálnějšího místa, které je ještě ve středu fibuly (A), délku mediální trojúhelníkovité drsné plošky ohraničené proximálně *crista interossea* a distálně horním okrajem kloubní plochy LM (B).

V **klinické části** byla provedena metaanalýza veškeré dostupné literatury související s MZ. Provedena byla pomocí webových vyhledávačů PubMed a Ovid MEDLINE. Podle výsledků této studie byl analyzován soubor 117 pacientů s MZ (léčených na Klinice ortopedie 1.LF UK a ÚVN v Praze v letech 2012-2022) se zvláštním zaměřením na poranění *malleolus posterior*. K dispozici byla kompletní radiologická dokumentaci včetně CT s 3D rekonstrukcemi. Hodnoceny byly parametry jako výskyt a typ zlomenin MP podle Bartoníčkoví-Rammeltovi (B-R) klasifikace [8], plocha průřezu fragmentu MP, postižení IFT na CT snímcích, dislokace fragmentů MP na axiálních a sagitálních skenech a 3D CT rekonstrukcí). Dále byl hodnocen výskyt, lokalizace a dislokace interkalárních fragmentů, poranění mediálních struktur a zlomenina Tillaux-Chaputova hrbolku (TCT).

## 4. Výsledky

### Anatomická studie incisura fibularis tibiae

Průměrná délka tibiae byla v celém souboru  $350,0 \pm 25$  mm. Průměrná výška IFT byla v celém souboru  $42,5 \pm 0,56$  mm,  $\leq 30$  mm nebo  $\geq 55$  mm byla zjištěna pouze u 1,5 % vzorků.

Poměr délky tibiae a výšky IFT byl v celém souboru  $0,12 \pm 0,02$ . Šířka IFT v úrovni *facies articularis inferior tibiae* byla v celém souboru  $23,6 \pm 2,6$  mm. Šířka IFT 3 mm nad *facies articularis inferior tibiae* byla v celém souboru  $22 \pm 2,2$  mm. Hloubka IFT 3 mm nad *facies articularis inferior tibiae* činila v celém souboru  $3,8 \pm 1,2$  mm.

Šířka IFT 10 mm nad *facies articularis inferior tibiae* byla v celém souboru byla  $18,9 \pm 2,3$  mm. Hloubka IFT 10 mm nad *facies articularis inferior tibiae* byla v celém souboru  $4,1 \pm 1,2$  mm. Největší hloubka IFT a její úroveň vzhledem k *facies articularis inferior tibiae* byla v celém souboru  $4,5 \pm 1,2$  mm. Počet tibií s IFT hlubší než 4 mm byl 145 (56 %). Vzdálenost nejhlubšího místa IFT od nejvyššího místa *facies articularis inferior tibiae* činila v celém souboru  $5,3 \pm 1$  mm.

### Crista malleoli lateralis a její klinický význam

Sledovaná hrana byla pozorována jako konstantně se vyskytující struktura beze sklonu k variabilitám. Délka fibuly byla v celém souboru  $346,5 \pm 26$  mm. Délka CML byla v celém souboru  $85,4 \pm 11,6$  mm. Poměr délek CML a fibuly byl v celém souboru  $25 \% \pm 3 \%$ .

Délka CML od *crista anterior* k hornímu okraji *facies articularis malleoli lateralis* byla v celém souboru  $62,3 \pm 10,9$  mm. Délka CML od horního okraje *facies articularis malleoli lateralis* k nejdistančnějšímu místu LM byla v celém souboru  $23,1 \pm 4$  mm.



## Maisonneuveova zlomenina hlezna

Výsledky přehledového článku Maisonneuveova zlomenina hlezna byly použity v úvodu autoreferátu disertační práce a jsou obsahem publikace: *Bartoniček J, Fojtík P, Bunganičová E, Tuček M. Maisonneuveova zlomenina hlezna. Rozhl Chir. 2023;102:48-59.*

### Poranění malleolus posterior u Maisonneuveovy zlomeniny

Zlomenina MP byla identifikována u 74 pacientů (74 %) s MZ, v 70 případech již na prostém RTG snímku. Ve 4 případech byla viditelná pouze na CT (nedislokované zlomeniny MP *typu 1 / 2* dle klasifikace B-R. Dle této klasifikace bylo zastoupení jednotlivých typů: *1. typ* se vyskytl u 12 případů (16 %), *typ 2* ve 44 případech (60 %), *typ 3* u 15 pacientů (20 %) a *typ 4* ve 3 případech (4 %). Přesnou velikost fragmentu MP bylo možné posoudit na CT snímcích u 73 ze 74 pacientů. Dislokace fragmentu MP  $\geq 2$  mm byla zjištěna dle CT vyšetření v 53 případech (72 %). Směry dislokace byly: laterální, proximální a s rozevřením linie lomu laterálně. U 22 pacientů byla dislokace  $\geq 2$  mm měřitelná pouze v jednom ze základních směrů. Ve 31 případech byl fragment posunut ve 2 až 3 základních směrech.

Zadní malleolární fragment IFT nesl  $\geq 1/4$  její plochy u 20 pacientů (27 % zlomenin MP) a  $\geq 1/3$  plochy IFT u 10 pacientů. Repozice a fixace posunutého MP ze zadního přístupu byla provedena u 23 pacientů. Z toho 15 pacientů vykazovalo postižení IFT  $\geq 25$  % a 8 pacientů  $\leq 25$  %. Malé interkalární fragmenty (ICF) byly identifikovány na CT skenech u 32 ze 74 případů (43 %) zlomenin MP. Z nich bylo 24 (75 %) dislokováno, vyskytovaly se nejčastěji u zlomenin *typu 2* B-R: 24 ze 44 případů (55 %), následuje *typ 3* v 7 z 15 případů (47 %) a *typ 4* v jednom ze tří případů (33 %). V dalších 8 případech byly malé kostní fragmenty dislokovány do IFT nebo *tibio-talárního* kloubu.

Poranění mediálních struktur (*ligamentum deltoideum-LD, malleolus medialis*) byly diagnostikovány v 82 případech (82 %). Ruptura LD, definovaná jako rozšíření „*medial clear*

*space*“ na více než 4 mm v AP projekci na RTG snímku, CT koronárním řezu nebo pozitivní zevně rotační test na začátku operace, byl nalezen u 39 pacientů (39 %). Bikolikulární zlomenina MM byla zaznamenána ve 24 případech (24 %). Osteoligamentózní léze mediálních struktur, tj. zlomenina *colliculus anterior* a ruptura tibiotalární části LD (ukazující se jako rozšíření „*medial clear space*“ mezi intaktním *colliculus posterior* MM a okrajem talu na více než 4 mm) v 19 případech (19 %).

Zlomeninu Tillaux-Chaputova hrbolu jsme zaznamenali u 20 pacientů (20 %). Detekovatelné na prostém RTG snímku ve 3 případech, 17 případů odhalilo až CT. Celkem bylo klasifikováno 15 případů jako *typy* Rammelt 1 a 5 případů jako *typ* 2. Nebyla zjištěna žádná zlomenina *typu* Rammelt 3 (impakce laterální kloubní plochy).

## 5. Diskuse

### 7.1. Anatomická studie incisura fibularis tibiae

Tvarem a hloubkou IFT se zabývala celá řada studií, a to na kostních preparátech [23,53,81], plastinovaných preparátech [68], CT řezech [14,17,33,34,45,82] a MR řezech [67,81]. Výsledky jednotlivých studií se až na výjimky [23] liší o 1 až 2 mm. Tyto odchylky mohou být způsobeny etnickými, resp. geografickými vlivy [42,53,81], stářím kostních sbírek i metodou měření. Významná je úroveň měření. Jedna skupina autorů [17,34,45,77,82] měřila hloubku IFT 1 cm nad úroveň kloubní štěrbinu hlezna. Druhá skupina autorů [15,23,43,53,77,81] měřila největší hloubku IFT, bez udání vzdálenost od kloubní štěrbinu hlezna. Pouze v naší studii byla nejdříve určena maximální hloubka IFT a poté zjištěna její lokalizace vzhledem ke kloubní ploše distální tibie.

Námi zjištěná průměrná největší hloubka IFT činila v celém souboru 4,5 mm, což představuje střední hodnotu ve srovnání s výsledky ostatních autorů [33,56,77,81,82]. Je to o 0,8 až 1,0 mm více než hodnota zjištěná na kostních preparátech ve studiích Musay et al. [53] 3,7 mm (keňská populace), Kulkarniho et al. [43] 3,5 mm (indická populace) a Tasera et al. [73] 3,3 mm (turecká populace). Naopak Sora et al. [68] naměřili na plastinovaných preparátech hloubku 5,1 mm (středoevropská populace). Všechny tyto hodnoty se významně liší od výsledků Guptay et al. [23], kteří zaznamenali na kostních preparátech největší hloubku IFT 11 mm (indická populace). Žádný z těchto autorů [15,31,23,34,43,45,53,77,81] však nezmínil úroveň měření vzhledem k *facies articularis inferior tibiae*.

CT a MR studie uvádějí hodnoty od 2,2 mm do 4,1 mm [15,45,57,77,81]. Chen et al. [33] zaznamenali na 3D CT rekonstrukcích průměrnou hloubku IFT u mužů 5,1 mm a 4,2 mm u žen. Referenční linii 1 cm proximálně od kloubní plochy distální tibie použili Tonogai et al. [77], Yu et al. [82] a Cherney et al. [34] při měření na CT skenech. Chen et al. [33] na 3D CT

rekonstrukcích naměřili hloubku IFT u mužů 12 mm a u žen 8 mm od kloubní plochy distální tibie. Důvody však nevysvětlili.

Největší možnou hloubku IFT bez udání vzdálenosti od kloubní plochy distální tibie měřili Gupta et al. [23], Taser et al. [73], Musa et al. [53] a Kulkarni et al. [43] na kostních preparátech, Sora et al. [68] na plastinovaných řezech, Boszczyk et al. [15] a Park et al. [57] na CT a Yildirim et al. [81] na MR skenech.

Šířka IFT měřená v naší studii byla stanovena v nejširším místě na 23,6 mm. To koresponduje s výsledky předchozích studií, konkrétně Musa et al. [53] - 21,5 mm, Taser et al. [73] - 23,3 mm, Gupta et al. [23] - 23,3 mm, Sora et al. [68] - 23,8 mm a Kulkarni et al. [43] - 23,2 mm.

Literární údaje uvádějí, že hloubka a šířka IFT se zvětšují v proximodistálním směru [27]. To potvrzují i naše výsledky ukazující, že IFT je nejhlubší v úrovni vzdálené 5 mm od kloubní plochy distální tibie, nikoli 10 mm od ní. „Konvenční“ vzdálenost 1 cm používaná řadou autorů [34,45,77,82] nemá na základě našich výsledků racionální zdůvodnění.

Průměrná výška IFT v naší studii byla 42,5 mm, což je významně více než u Taseera et al. [73] - 29,3 mm a Musay et al. [53] - 32,4 mm. Uvedená srovnání ukazují, že v naší studii byla šířka IFT sice přibližně stejná, jako ve studiích Taseera et al. [73] a Musay et al. [53], ale výška IFT byla v naší studii významně vyšší. Nejvíce se námi naměřené výšce přiblížili Chen et al. [32], kteří uvádějí 35 mm, zatímco ve studiích Guptay et al. [23] a Kulkarniho et al. [43] nebyla výška IFT měřena.

Optimální hodnocení tibiofibulárního vztahu je v oblasti IFT na CT řezech provedených 5 mm nad úrovní kloubní plochy distální tibie. Zde má tibiofibulární štěrbina svůj charakteristický tvar. Správnou úroveň CT axiálního skenu lze posoudit podle kondenzace spongiózy poblíž mediálního malleolu [6].

Výhodou naší studie je, že hloubka i šířka IFT byla měřena ve třech úrovních. Další plus představuje počet analyzovaných tibií, který významně převyšuje počty ve většině studií

dosavadních a u každého jedince byl znám věk a pohlaví. Nevýhodou je stáří naší kostní sbírky, a to 90 let. Průměrná menší tělesná výška tehdejší populace mohla ovlivnit, byť minimálně, námi naměřené hodnoty týkající se rozměrů IFT. Např. Park et al. [57] uvádějí u současné korejské populace průměrnou výšku zkoumaných jedinců pouze o 3 cm větší, než byla v našem souboru, a to jak u mužů i u žen. Musa et al. [53] proto provedli srovnání hloubky IFT u různých etnik a zjistili, že hodnoty získané měřením suchých kostních preparátů se příliš neliší a pohybují se od 3,4 do 3,7 mm. Naše práce již byla citována v souhlasném duchu autorem Chen et al. [32].

## 7.2. Crista malleoli lateralis a její klinický význam

Tato studie se podrobně zabývala anatomii CML. Hodnotili jsme párové fibuly dospělých jedinců, jejichž věk a pohlaví bylo známé u všech vzorků. Limitem studie je stáří sbírky, tj. 90 let. Rozdíly v měřených parametrech mezi muži a ženami byly většinou statisticky významné, což je dáno především vyšší průměrnou výškou mužů než žen. Obecně menší průměrná výška populace z doby vzniku sbírky mohla, leč minimálně, ovlivnit naměřená data.

CML byla krátce popsána pouze několika autory [28,44,74,76]. Testut [74] uvádí, že ... „*Tenká a ostrá přední hrana fibuly se kaudálně rozdvouje za vzniku trojúhelníkovité plošky. Přední okraj této plošky, někdy velmi nevýrazný, směřuje k přednímu okraji zevního malleolu, zadní okraj tvoří hranka předního okraje žlábků peroneálních svalů.*“ Hovelacque [31] ve své učebnici hranu pouze zobrazuje s popisem okolních dvou plošek na vnější ploše laterálního malleolu, které hrana odděluje, „*versant antérieur triangulaire*“ a „*versant posterior*“. Rouviere [66] použil termín „*crete oblique*“ (šikmá hrana) v textu, ale bez legendy v obrázcích. Toldtův atlas [76] a Lanz-Wachsmuthova učebnice [44] předkládají věrný obraz hranky, ale bez jakéhokoliv popisu. Frazer [20] uvádí v popisu k obrázku pouze dvě fasety, přední, kterou nazývá „*subcutaneous surface*“ a zadní „*peroneal surface*“. Grayova anatomie [36] uvádí:

„Přední hrana fibuly se distálně dělí na dvě raménka, mezi kterými se nachází trojúhelníkovitá podkožní plocha“. V nejnovějším vydání Gray's Anatomy [71] je ale CML je zcela vynechána. Heim a kol. [28] označili CML jako „*Lateral Sporn*“ (Laterální calcar) a poukázali na nutnost tvarování dlahy pro vnitřní fixaci zlomeniny laterálního malleolu. Kelikian [39], jako jediný, publikoval velmi podrobný popis CML ... „*přední hrana (fibuly) se dělí na dvě větve, přední a zadní... Zadní větev nebo šikmá hrana směřuje dolů a dozadu... Tato šikmá hrana vymezuje dva povrchy: anteroinferiorní a posterosuperiorní a to je třeba vzít v úvahu při aplikaci dlahy*“.

White a kol. [80] publikovali několik obrázků CML ve své učebnici, ale taktéž bez jakéhokoliv popisu. Pouze stručně popisují „*trojúhelníkovitá podkožní oblast*“.

Z přehledu vyplývá, že se na obrázku a popisu shodují všichni autoři, i když jen málo z nich používá pro hranu specifický termín, konkrétně „*lateral calcar*“ [28] nebo „*the oblique crest*“ [39] nebo „*crete oblique*“ [59,66]. Anteroinferiorní povrch se shodně nazývá trojúhelníkovitá podkožní ploška a posterosuperiorní jakožto ploška peroneální [39]. CML je důležitým referenčním bodem pro aplikaci syndesmálních šroubů (SS) i dlahy, jakož i pro posouzení polohy distální fibuly v IFT.

Optimální úroveň pro zavádění syndesmálních šroub(ů) je 2,0-3,5 cm nad kloubní plochou [3,19], v tomto intervalu je vrták směřován do konkavity IFT a nemůže sklouznout přes konvexní hranu *margo interosseus* [28]. Je velmi důležité zavést syndesmální šroub středem distální fibuly a středem incisury. Pokud je zaveden z trojúhelníkovité plochy, ani průběh, ani fixace SS ve fibule není optimální. Naše výsledky odhalily, že ideální místo pro zavedení SS je 2,5 cm proximálně od linie hlezenného kloubu. Pokud je vložen SS více proximálně, leží vstupní bod 1 až 2 mm posteriorně do CML. Podle měření vzorků ze zmíněné osteologické kolekce odpovídá výška trojúhelníkové drsné plochy (B) výšce IFT [3].

Na CML je třeba pamatovat zejména při osteosyntéze zevního kotníku dlahou. Dlahy by měla pokrývat střední čáru laterální plochy distální fibuly [31]. Obvykle však pokrývá

trojúhelníkovou oblast. V případě asymetrického umístění dlahy vzhledem k CML není možné zavést SS přes hranu optimální trajektorií. V tomto ohledu je třeba poznamenat, že posterolaterální plocha je kryta peroneálními svaly s jejich fasciemi, které se upínají na CML. Pro správné umístění dlahy musí být tato fascie od CML uvolněna.

CML je zásadní strukturou pro posouzení pozice distální fibuly v IFT na axiálním CT [63]. Optimální úroveň je 4-5 mm proximálně od linie hlezenného kloubu [6,19]. Kde je poloha fibuly anatomická, anterolaterální plocha (trojúhelníková oblast) koresponduje na CT axiálních řezech s přední plochou distální tibie a posterolaterální oblast distální fibuly (peroneální oblast) zase se zadní plochou distální tibie.

### **7.3. Maisonneuveova zlomenina hlezna**

MZ představuje stále nedořešenou kapitolu zlomenin hlezna, o které panuje řada nesprávných představ. Původní popis JGF Maisonneuvea [47], který zahrnuje subkapitální zlomeninu fibuly s poraněním tibiofibulární syndesmózy a *membrana interossea*, byl již v řadě ohledů překonán [6,25,37].

Pathoanatomicky se jedná o velmi variabilní poranění, do kterého kromě poranění mediálních struktur (MM, LD), LTFA, LTFP a *membrana interossea* patří podle recentních CT studií [6,25,37] i poranění řady struktur dalších (MM, MP, AM). Poranění LTFA a LTFI patří pod pojem MZ stabilně a autoři mimo Bonina [13] se na něm shodují. Kostním ekvivalentem léze LTFA může být avulze TCT [37,46]. Kašper et al. [37] ji zaznamenali v 9 (13 %) ze 70 případů. Hinds et al. [29] pozorovali ve své MR studii, že u MZ, u kterých bylo intaktní LTFP, byla zároveň vždy přítomna zlomenina MP. Toto může ukazovat na fakt, že zlomenina MP je kostním ekvivalentem léze LTFP. Kombinace ruptury LTFP a zlomeniny MP totiž nebyla doposud v literatuře popsána.

V oblasti poranění MI nejsou autoři jednotní. Dle Weberovy monografie [79] a AO literatury [28] je ruptura MI až do výše zlomeniny na fibule považována za konstantní součást MZ [41,69]. Toto tvrzení však zpochybnili na základě MR vyšetření autoři Moriis a Manyi [25,48,51], kteří zaznamenali poranění MI u pouze do výše 6, resp. 11 cm nad kloubní štěrbinou hlezna.

Zlomenina MP se u MZ vyskytuje podle recentních CT studií v 77 % až 83 % [5,25,37], což je mnohem více, než bylo obecně udáváno u luxačních zlomenin hlezna [25,75]. Např. Jehlička, et al. [35] zaznamenali zlomeninu MP u 46 % všech zlomenin typu Weber B a C. Kašper, et al. [37] hodnotili typ zlomeniny MP podle B-R [7,8] klasifikace na CT a zjistili, že distribuce zlomenin MP přibližně odpovídá výskytu zlomenin MP u všech trimalleolárních zlomenin [8].

Vzhledem k vysokému výskytu zlomenin MP a posouzení postavení fibuly v IFT je nezbytné provést předoperační CT. V operační léčbě je nejdůležitější přesná repozice distální fibuly do IFT [22,30] a její stabilizace. Samotná repozice fibuly, ale bývá někdy obtížná, především pokud je přítomna zlomenina MP, která nese větší část IFT. Operační léčení zlomenin zadní hrany tibie není problémem, bylo již detailně diskutováno v recentní literatuře [10,11,60].

#### **7.4. Poranění malleolus posterior u Maisonneuveovy zlomeniny**

V naší CT analýze 100 pacientů s MZ jsme zaznamenali zlomeninu MP v 74 %. To je výrazný rozdíl oproti výskytu zlomeniny MP u trimalleolárních zlomenin hlezna [35]. Výskyt zlomenin MP u MZ byl již okrajově zmíněn v několika předchozích studiích a to se značnými odchylkami [1,2,6,25,40,56,58,70]. Některé z nich udávaly výskyt zlomenin MP v rozmezí 35-37 % [1,40,70], zatímco jiné zjistily podstatně vyšší výskyt v rozmezí 77-83 % [2,6,26,56,58,72]. Pouze 4 (5 %) zlomeniny MP v našem souboru nebyly detekovány na prostém RTG snímku. Vždy se jednalo o malé fragmenty *typu 1* nebo *2* klasifikace B-R. Naproti tomu He et al. [25] pozorovali 17 % zlomenin MP pouze na CT skenech. Předpokladem detekce zlomenin MP jsou



kvalitní rentgenové snímky v přesných projekcích. Toto může být problémem v případě akutní zlomeniny z řady subjektivních i objektivních důvodů. Indikace k CT vyšetření u zlomeniny hlezna by proto neměla být odkládána, zvláště pokud existuje důvodné podezření na zlomeninu MP [9].

Podíl zlomenin MP u jednotlivých typů luxačních zlomenin hlezna se značně liší. Jehlička et al. [35] našli v radiografické studii zahrnující 232 pacientů s luxační zlomeninou hlezna zlomeninu MP u 4 % pacientů se zlomeninou fibuly typu Weber A, u 46 % typu Weber B a C. Kostlivý a spol. [42] identifikovali zlomeninu MP v 70 % ze 110 případů Bosworthovy luxační zlomeniny hlezna (BZ). Tato zjištění poukazují na vyšší závažnost MZ a BZ ve srovnání s jinými typy luxačních zlomenin hlezna.

Při porovnání jednotlivých typů zlomenin MP s předchozími studiemi [6,25] se objevily určité rozdíly. Bartoníček a spol. [11] v analýze 141 případů trimalleolárních zlomenin zjistili poměr zlomenin MP *typů 1 a 2 k typům 3 a 4* 1,6:1, zatímco v současné sérii MZ to bylo 3,2:1. V obou studiích se nejčastěji vyskytoval *typ 2* B-R klasifikace. Kromě velikosti fragmentu MP, postižení kloubního povrchu, postižení IFT, jsou pro indikaci operační léčby důležité i přítomnost a dislokace interkalárních fragmentů. Toto kritérium operační léčby bylo zavedeno teprve nedávno [9,52].

Protože velikost kloubního povrchu neseného fragmentem MP se v sagitálních CT řezech zvyšuje mediolaterálním směrem, musí být měření standardizováno. Obdobně to platí pro hodnocení postižení IFT a distální fibuly, kde je hodnocení založeno na řezech axiálních a hodnoty se zvyšují proximodistálním směrem [10,63]. V naší anatomické studii [19] byla naměřena největší hloubka IFT 5 mm nad linií tibiotalárního kloubu. Nejlepším způsobem měření velikosti fragmentu MP a jeho pozice vzhledem k IFT jsou 3D CT rekonstrukce se subtrakcí distální fibuly a v 3D CT pohledu do tibiofibulární vidlice se subtrakcí talu.

V naší sérii byla více jak třetina IFT odlomena u 14 zlomenin MP a jedna čtvrtina až jedna třetina IFT u 27 zlomenin MP. Repozice a fixace dislokovaného MP ze zadního přístupu byla provedena u 15 pacientů s odlomením více jak jedné čtvrtiny IFT. Naopak u 8 operovaných pacientů byla odlomená část IFT menší.

Dislokace fragmentu MP je indikačním kritériem pro otevřenou repozici a přímou vnitřní fixaci ze zadního přístupu [9,11,10,16,22,24,72]. Směr dislokace však dosud nebyl v literatuře popsán. Ve většině našich případů (58 %) fragmenty MP vykazovaly komplexní posun v několika směrech. Z klinického hlediska je podle nás nejdůležitější proximální nebo laterální posun fragmentu. Proximální dislokaci jsme zaznamenali nejčastěji, a to u 47 % případů, laterální u 25 % případů. Při obou typech dislokace dochází ke snížení kontaktní tibiotalární kloubní plochy. Laterální dislokace navíc brání repozici distální fibuly do IFT.

Větší intraartikulární interkalární fragmenty (ICF) jsme zaznamenali ve 43 % případů, podobně jako Mueller et al. [54] kteří našli ICF u 41 % zlomenin MP, nejčastěji u *typu 2 a 3* B-R klasifikace. V dalších 8 případech jsme našli drobné kostní úlomky extrudované do IFT nebo štěrby tibiotalárního kloubu, kde obdobně jako ICF mohou působit jako mechanická překážka.

## 6. Závěry

V anatomické části disertační práce jsme se detailně zabývali dvěma strukturami.

***Crista malleoli lateralis*** jako anatomickou strukturu jsme detailně popsali jako vůbec první. Naše studie prokázala její minimální variabilitu a z tohoto důvodu je vhodná pro orientaci v oblasti zevního kotníku. Znalost jejího průběhu je esenciální při zavádění syndesmálních šroubů a pro korektní přiložení dlahy při osteosyntéze zevního kotníku.

***Incisura fibularis tibiae*** je struktura, kterou se zabývala již řada autorů před námi. My jsme však prokázali, že v úrovni 1 cm nad kloubní plochou distální tibie je IFT mělčí a užší nežli distálněji. Tato úroveň proto není vhodná k hodnocení pozice distální fibuly v IFT. Pro toto hodnocení je nejlepší oblast maximální hloubky IFT, které leží přibližně 5 mm nad kloubní plochou distální tibie, což je nutné respektovat při hodnocení axiálních CT skenů.

V klinické části jsme nejdříve provedli analýzu veškeré dostupné literatury věnované MZ a následně jsme se zaměřili na poranění MP u MZ. Náš přehledový článek je v české literatuře prioritní. Ukazuje, že MZ je jednotlivými autory vnímána různě a to jak rozsahem poraněných struktur, tak z hlediska stability zlomeniny. MZ je zpravidla prezentována jako subkapitální zlomenina fibuly s poraněním tibiofibulární syndesmózy a MI až do výše zlomeniny na fibule. Podle recentních CT studií se jedná o velmi variabilní poranění s různým stupněm stability. Pro posouzení postavení distální fibuly v IFT je nutné provést před- i pooperační CT. Dislokované nestabilní zlomeniny jsou indikovány k osteosyntéze (otevřená repozice distální fibuly do IFT). Avšak studie založené na před- a pooperačním CT v literatuře dosud chybí.

***Zlomenina malleolus posterior*** se u MZ v naší klinické studii vyskytuje v 74 %, což je podstatně více, než bylo v minulosti uváděno. Význam této zlomeniny u MZ byl dosud značně podceňován. To je třeba přehodnotit, neboť fragment MP nese ve 20 % případů více než jednu čtvrtinu IFT. Z tohoto důvodu je nutné před repozicí distální fibuly nejprve obnovit integritu IFT, tedy provést repozici a fixaci odlomeného MP.

## 7. Použitá literatura

1. **Ammann E.** *Die Maisonneuve-Fraktur Resultate von 37 behandelten Fällen in der Jahren 1971–1981.* Inauguraldissertation. Basel, Universität Basel 1981.
2. **Babis GC, Papagelopoulos PJ, Tsarouchas J, Zoubos AB, Korres DS, Nikiforidis P.** *Operative treatment for Maisonneuve fracture of the proximal fibula.* Orthopedics. 2000;23:687-690.
3. **Bartoniček J.** *Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance.* Surg Radiol Anat. 2003;25:379-386.
4. **Bartoniček J, Fojtík P, Bunganičová E, Tuček M.** *Maisonneuveova zlomenina hlezna.* Rozhl Chir. 2023;102:48-59.
5. **Bartoniček J, Frič V, Svatoš F, Luňáček L.** *Bosworth-type fibular entrapment injuries of the ankle - the Bosworth lesion: A report of six cases and literature review.* J Orthop Trauma 2007;21:710-717.
6. **Bartoniček J, Rammelt S, Kašper Š, Malík J, Tuček M.** *Pathoanatomy of Maisonneuve fracture based on radiologic and CT examination.* Arch Orthop Trauma Surg. 2019;139:497-506.
7. **Bartoniček J, Rammelt S, Klika D, Naňka O, Tuček M, Kostlivý K, Vaněček V.** *Klasifikace zlomenin zadní hrany tibie u zlomenin u zlomenin hlezna.* Rozhl Chir. 2018;97:52-59.
8. **Bartoniček 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;135:506-516.
9. **Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M.** *Maisonneuve fractures of the ankle: A critical analysis review.* JBJS Rev. 2022;21:10:1-12.
10. **Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M.** *Posterior malleolar fractures: Changing concepts and recent developments.* Foot Ankle Clin N Am. 2017;22:125-145.
11. **Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M, Naňka O.** *Posterior malleolar fractures of the ankle.* Eur J Trauma Emerg Surg. 2015;41:587-600.
12. **Baumbach SF, Herterich V, Damblemont A, Hieber F, Böcker W, Polzer H.** *Open reduction and internal fixation of the posterior malleolus fragment frequently restores syndesmotic stability.* Injury. 2019;50:564-70.
13. **Bonnin JG.** *Injuries to the Ankle.* London, Heinemann 1950; 17-25.
14. **Boszczyk A, Kwapisz A, Krümmel M, Graas R, Rammelt S.** *Anatomy of the tibial incisura as a risk factor for syndesmotic injury.* Foot Ankle Surg. 2017;25:51-58.
15. **Boszczyk A, Kwapisz S, Krümmel M, Graas R, Rammelt S.** *Correlation of incisura anatomy with syndesmotic malreduction.* Foot Ankle Int 2018;39:369-375.
16. **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;36:673-678.
17. **Elgafy H, Semaan HB, Blessinger B, Wassef A, Ebraheim NA.** *Computed tomography of normal distal tibiofibular syndesmosis.* Skeletal Radiol. 2010;39:559-564.
18. **Fojtík P, Kašper Š, Bartoniček J, Tuček M, Naňka O.** *Lateral malleolar crest and its clinical importance.* Surg Rad Anat. 2023;45:255-262.

19. **Fojtík P, Kostlivý K, Bartoníček J, Naňka O.** *The fibular notch: an anatomical study.* Surg Rad Anat. 2020;42:1161-1166.
20. **Frazer JES.** *The anatomy of the human skeleton.* Churchill, London 1946; 131-137.
21. **Gardner MJ, Brodsky A, Briggs SM, Nielson JH, Lorich DG.** *Fixation of posterior malleolar fractures provides greater syndesmotic stability.* Clin Orthop Relat Res. 2006;447:165-171.
22. **Gardner MJ, Demetrakopoulos D, Briggs SM, Helfet DL, Lorich DG.** *Malreduction of the tibiofibular syndesmosis in ankle fractures.* Foot Ankle Int. 2006;27:788-792.
23. **Gupta C, Nayak N, Palimar V.** *A morphometric study of incisura fibularis in south Indian population with its clinical implications.* Int J Anat Appl Physiol. 2018;4:84-86.
24. **Haraguchi N, Haruyama H, Toga H, Kato F.** *Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle.* J Bone Joint Surg Am. 2006;88:1085-1092.
25. **He JQ, Ma XL, Xin JY, Cao HB, Li N, Sun ZH, Wang GX, Fu X, Zhao B, Hu FK.** *Pathoanatomy and injury mechanism of typical Maisonneuve fracture.* Orthop Surg. 2020;12:1644-1651.
26. **He J, Ma X, Hu Y, Wang S, Cao H, Li N, Wang G, Guo L, Zhao B.** *Investigation of the characteristics and mechanism of interosseous membrane injuries in typical Maisonneuve fracture.* Orthop Surg. 2023;15:777-784.
27. **Hermans JJ, Beumer A, De Jong TA, Kleinrensink GJ.** *Anatomy of the distal tibiofibular syndesmosis in adults: a pictorial essay with a multimodality approach.* J Anat. 2010;217:633-645.
28. **Heim U, Pfeifer KM.** *Periphere Osteosynthesen.* Berlin, Springer 1972: 216-220.
29. **Hinds R, Tran WH, Lorich DG.** *Maisonneuve-Hyperplantarflexion variant ankle fracture.* Orthopedics. 2014;37:E1040-E1044.
30. **Houben M, Poeze M.** *High fibula fracture with syndesmotic disruption (Maisonneuve).* In: Rammelt S, Swords M, Dhillon MS, Sands AK (eds). *Manual of fracture management foot and ankle.* Stuttgart, Thieme 2019; 173-178.
31. **Hovelacque A.** *Osteologie. Fascicule 1., Paris, Doin & Cie 1933; 180-186.*
32. **Chen J, Peng X, Yang Y, Tang X, Yang S, Liu T, Shi H, Zhang L.** *In different gender groups, what is the impact of the fibular notch on the severity of high ankle sprain: a retrospective study of 360 cases.* Orthop Surg. 2023; Online
33. **Chen Y, Qiang M, Zhang K, Li H, Dai H.** *A reliable radiographic measurement for evaluation of normal distal tibiofibular syndesmosis: A multi-detector computed tomography study in adults.* J Foot Ankle Res. 2015;8:1-10.
34. **Cherney SM, Spraggs-Hughes AG, McAndrew CM, Ricci WM, Gardner MJ.** *Incisura morphology as a risk factor for syndesmotic malreduction.* Foot Ankle Int. 2016;37:748-754.
35. **Jehlička D, Bartoníček J, Svatoš F, Dobiáš J.** *Luxační zlomeniny hlezna u dospělých. I. část: Epidemiologické zhodnocení ročního souboru.* Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2002;69:243-247.
36. **Johnston TB, Davis DV, Davis F.** *Gray's anatomy, 32nd edition.* London, Longmans 1958; 423-430.
37. **Kašper Š, Bartoníček J, Kostlivý K, Malík J, Tuček M.** *Maisonneuveho zlomenina.* Rozhl Chir. 2020;99:77-85.
38. **Kašper Š, Bartoníček J, Rammelt S, Kamin K, Tuček M.** *"Double Maisonneuve fracture": An unknown fracture pattern.* Eur J Trauma Emerg Surg. 2022;48:2433-2439.

39. **Kelikian AS.** *Sarrafrican's anatomy of the foot and ankle descriptive topographic functional.* Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2011: 40-45.
40. **Kirschner P, Brünner M.** *Die Operation der Maisonneuve-Fraktur.* Oper Orthop Traumatol. 1999;11:11-18.
41. **Kolman J.** *Maisonneuveova zlomenina.* Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 1999;66:41-45.
42. **Kostlivý K, Bartoníček J, Rammelt S.** *Posterior malleolus fractures in Bosworth fracture-dislocations. A combination not to be missed.* Injury. 2020;51:537-41.
43. **Kulkarni RR, Prakash ChR, Nidhi S.** *Importance of fibular incisura measurements in ankle reconstructive surgeries.* Int J AJ Inst Med Sci. 2012;1:80-85.
44. **von Lanz T, Wachsmuth W.** *Praktische Anatomie - Bein und Statik.* Berlin, Springer 1938;33-35.
45. **Liu GT, Ryan E, Gustafson E, VanPelt MD, Raspovic KM, Lalli T, Wukich DK, Xi Y, Chhabra A.** *Three-dimensional computed tomographic characterization of normal anatomic morphology and variations of the distal tibiofibular syndesmosis.* J Foot Ankle Surg. 2018;57:1130-1136.
46. **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.
47. **Maisonneuve JG.** *Recherches sur la fracture du peroné.* Arch Gen Med. 1840;7:165-187,433-473.
48. **Manyi W, Guowei R, Shengsong Y, Chunyan J.** *A sample of Chinese literature MRI diagnosis of interosseous membrane injury in Maisonneuve fractures of the fibula.* Injury. 2000;31:107-110.
49. **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;468:1129-1135.
50. **Miller MA, McDonald TC, Graves ML, Spitler CA, Russell GV, Jones LC, Replogle W, Wise JA, Hydrick J, Bergin PF.** *Stability of the syndesmosis after posterior malleolar fracture fixation.* Foot Ankle Int. 2018;39:99-104.
51. **Morris JR, Lee J, Thordarson D, et al.** *Magnetic resonance imaging of acute Maisonneuve fractures.* Foot Ankle Int. 1996;17:259-263.
52. **Mueller E, Kleinertz H, Tessarzyk M, Rammelt S, Bartoníček J, Frosch KH, Barg A, Schlickewei C.** *Intercalary fragments in posterior malleolar fractures: incidence, treatment implications, and distribution within CT-based classification systems.* Eur J Trauma Emerg Surg. 2023;49:851-858.
53. **Musa M, Pamela M, Moses O, Beda O, Gichambira G.** *Morphometric characteristics of the fibular incisura in adult Kenyans.* Anat J Afr. 2014;3:243-24.
54. **Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H, Schneider R (eds).** *Manual of internal fixation.* Berlin, Springer 1991; 427-432.
55. **Pachner P.** *Pohlavní rozdíly na lidské pánvi.* Praha, Česká akademie věd a umění, 1938; 21-26.
56. **Pankovich AM.** *Maisonneuve fracture of the fibula.* J Bone Joint Surg Am. 1976; 58:337-342.
57. **Park CH, Kim GB.** *Tibiofibular relationships of the normal syndesmosis differ by age on axial computed tomography - anterior fibular translation with age.* Injury. 2019;50:1256-1260.
58. **Pelton K, Thordarson DB, Barnwell J.** *Open versus closed treatment of the fibulae in Maisonneuve injuries.* Foot Ankle Int. 2010;31:604-608.

59. **Poirier P, Charpy A.** *Traite d'anatomie humaine*. Tome I., Masson, Paris 1911; 540-543.
60. **Rammelt S, Bartoníček J.** *Posterior malleolar fractures: a critical analysis review*. JBJS Rev 2020;8:e19.00207.
61. **Rammelt S, Bartoníček J, Kroker L.** *Pathoanatomy of the anterolateral tibial fragment in ankle fractures*. J Bone Joint Surg Am. 2022;104-A:353-363.
62. **Rammelt S, Bartoníček J, Schepers, Kroker L.** *Fixation of anterolateral distal tibial fractures: The anterior malleolus*. Oper Orthop Traumatol 2021;33:125-138.
63. **Rammelt S, Boszczyk A.** *Computed tomography in the diagnosis and treatment of ankle fractures: A critical analysis review*. JBJS Rev. 2018;6:e7.
64. **Rammelt S, Grass R, Zwipp H.** *Sprunggelenkfrakturen*. Unfallchirurg. 2008;111:421-437.
65. **Rammelt S, Obruba P.** *An update on the evaluation and treatment of syndesmotic injuries*. Eur J Trauma Emerg Surg. 2015;41:601-614.
66. **Rouviere H.** *Anatomie humaine descriptive et topographique*. Tome II. Paris, Masson 1943; 275-277.
67. **Sharif B, Welck M, Saifuddin A.** *MRI of the distal tibiofibular joint*. Skeletal Radiol 2020;49:1-17.
68. **Sora MC, Strobl B, Stavkov D, Förster-Streffleur S.** *Evaluation of the ankle syndesmosis: A plastination slices study*. Clin Anat. 2004;17:513-517.
69. **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;67:1066-1074.
70. **Sproule JA, Khalid M, O'Sullivan M, McCabe JP.** *Outcome after surgery for Maisonneuve fracture of the fibula*. Injury. 2004;35:791-798.
71. **Standring S (ed).** *Gray's anatomy - the anatomical basis of clinical practice*. London, Elsevier 2021; 1401-1402.
72. **Stufkens SA, van den Bekerom MP, Doornberg JN, van Dijk CN, Kloen P.** *Evidence-based treatment of maisonneuve fractures*. J Foot Ankle Surg. 2011;50:62-67.
73. **Taser F, Toker S, Kilincoglu V.** *Evaluation of morphometric characteristics of the fibular incisura on dry bones*. Joint Dis Rel Surg. 2009;20:52-58.
74. **Testut L.** *Traite d'anatomie humaine*. Paris, Octave Doin 1889; 295-296.
75. **Thur CK, Edgren G, Jansson K-A, Wretenberg P.** *Epidemiology of adult ankle fractures in Sweden between 1987 and 2004: a population-based study of 91,410 Swedish inpatients*. Acta Orthop. 2012;83:276-281.
76. **Toldt K, Hochstetter F.** *Anatomischer Atlas. Erster Band. 14. Auflage*. Berlin, Urban und Schwarzenberg, 1928;140-144.
77. **Tonogai I, Hamada D, Sairyo K.** *Morphology of the incisura fibularis at the distal tibiofibular syndesmosis in the Japanese population*. J Foot Ankle Surg. 2017;56:1147-1150.
78. **Tuček M, Bartoníček J, Fojtík P, Kamin K, Rammelt R.** *Injury to the posterior malleolus in Maisonneuve fractures*. 2023 Nov; Epub ahead of print.
79. **Weber BG, Simpson LA.** *Corrective lengthening osteotomy of the fibula*. Clin Orthop Relat Res. 1985;199:62-67.
80. **White TD, Black MT, Folkens PA.** *Human osteology*. Burlington, Elsevier 2012; 263-270.
81. **Yildirim H, Mavi A, Büyükbekci O, Gümüşburun E.** *Evaluation of the fibular incisura of the tibia with magnetic resonance imaging*. Foot Ankle Int. 2003;24:387-391.
82. **Yu M, Zhang Y, Su Y, Wang F, Zhao D.** *An anthropometric study of distal tibiofibular syndesmosis (DTS) in a Chinese population*. J Orthop Surg Res. 2018;13:95-102.

## Seznam publikací doktoranda

### Publikace in extenso, které jsou podkladem disertace

*S IF:*

1. **Fojtík P, Kostlivý K, Bartoníček J, Naňka O.** *The fibular notch: an anatomical study.* Surg Rad Anat. 2020;42:1161-1166. **Impact Factor: 1,4**  
**Dle WOS citováno 7x**
2. **Fojtík P, Kašper Š, Bartoníček J, Tuček M, Naňka O.** *Lateral malleolar crest and its clinical importance.* Surg Rad Anat. 2023;45:255-262. **Impact Factor: 1,4**  
**Dle WOS citováno 1x**
3. **Pirri C, Stecco C, Güvener O, Mezian K, Ricci V, Jačisko J, Fojtík P, Kara M, Chang KV, Dughbaj M, Özçakar L.** *EURO-MUSCULUS/USPRM Dynamic Ultrasound Protocols for Ankle/Foot.* Am J Phys Med Rehabil. 2023 Oct; Epub ahead of print. **Q1, Impact Factor: 3,0**
4. **Tuček M, Bartoníček J, Fojtík P, Kamin K, Rammelt R.** *Injury to the posterior malleolus in Maisonneuve fractures.* Eur J Trauma Emerg Surg. 2023 Nov; Epub ahead of print. **Impact Factor: 2,1**

*Bez IF:*

5. **Bartoníček J, Fojtík P, Bunganičová E, Tuček M.** *Maisonneuveova zlomenina hlezna.* Rozhl Chir. 2023;102:48-59.

### Publikace in extenso bez vztahu k tématu disertace

*S IF:*

1. **Štulík J, Hodasová G, Podhráský M, Nesnídal P, Fojtík P, Naňka O.** *Anatomy of the dens and its implications for fracture treatment: an anatomical and radiological study.* Eur Spine J. 2019;28:317-323. **Impact Factor: 2.8,**  
**Dle WOS citováno 3x**
2. **Štulík J, Geri G, Salavcová L, Barna M, Fojtík P, Naňka O.** *Pediatric dens anatomy and its implications for fracture treatment: an anatomical and radiological study.* Eur Spine J. 2021;30:416-424. **Impact Factor: 2.8**  
**Dle WOS citováno 2x**