

Univerzita Karlova
1. lékařská fakulta
Autoreferát disertační práce



UNIVERZITA KARLOVA
1. lékařská fakulta

**Maisonneuveova zlomenina –
anatomie, diagnostika, operační přístupy a techniky osteosyntézy**

mjr. MUDr. Štěpán Kašper
2023

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

Obor: Experimentální chirurgie

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

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

Školitel: doc. MUDr. Michal Tuček, Ph.D.

Konzultanti: prof. MUDr. Jan Bartoníček, DrSc.

doc. MUDr. Ondřej Naňka, 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.

Abstrakt

Maisonneuveova zlomenina (MZ) je v traumatologii hlezna obecně známý pojem, přesto o ní existuje řada nesprávných představ, které mohou vést ke špatné volbě léčebného postupu.

Navíc pojem Maisonneuveova zlomenina není všem autory chápán stejně a recentní CT studie potvrdily, že se jedná o mnohem komplexnější a variabilnější poranění.

Disertační práce byla rozdělena do dvou hlavních částí, a to anatomické (experimentální) a klinické.

V experimentální části bylo cílem popsat výskyt a tvar a prokázat klinický význam crista malleoli lateralis (CML), která se nachází na laterální straně distální fibuly a kterou předchází anatomické i klinické práce opomíjely. Znalost této struktury je klíčová pro správné umístění syndesmálních šroubů.

Cílem klinické části byl přesný popis pathoanatomie jednotlivých lézí v rámci „klasické“ i méně častých forem Maisonneuveovy zlomeniny na základě CT vyšetření a peroperačních nálezů.

Anatomické studie byly provedeny na 352 suchých kostěných preparátech dospělých fibul. Klinické studie byly provedeny na souboru 54 dospělých pacientů s „klasickou“ MZ vzniklém v období 2012-2018 a 11 dospělých pacientů s tzv. „dvojitou“ MZ vzniklém v období 2012-2020.

V anatomické části disertační práce byla důkladně popsána crista malleoli lateralis, která byla dosud v literatuře zmíněna pouze okrajově. Naše studie prokázala klinický význam této struktury. CML představuje význačný orientační bod při aplikaci syndesmálních šroubů nebo dlahy a je podstatná pro hodnocení postavení distální fibuly v incisura fibularis tibiae.

Klinická část studie podrobně analyzovala u 54 dospělých pacientů s „klasickou“ MZ pozici fibuly v incisuře, typologii zlomenin proximální fibuly i pathoanatomii zlomenin zadního a mediálního malleolu. Prokázali jsme důležitost CT vyšetření pro kompletní diagnostiku rozsahu poranění v rámci MZ.

Dále jsme zpracovali jsme soubor 11 dospělých pacientů s etážovou zlomeninou fibuly („dvojitou“ Maisonneuveovy zlomeniny). Jedná se o dosud největší publikovaný soubor pacientů s tímto raritním poraněním. Poukázali jsme především na diagnostickou opatrnost při vyšetřování úrazů hlezna.

Abstract

Although Maisonneuve fracture (MF) is a well-known type of ankle fracture-dislocation, there are a number of misconceptions that can lead to wrong choice of treatment.

The concept of Maisonneuve fracture is also not understood by all authors in the same way and the recent CT studies confirmed that this is much more complex and variable injury.

The dissertation was divided into two main parts: anatomical (experimental) and clinical.

In the experimental part, the aim was to describe the appearance and shape and demonstrate the clinical significance of the crista malleoli lateralis (CML), which is located on the lateral side of the distal fibula and which previous anatomical and clinical studies neglected. Knowledge of this structure is essential to correct placement of syndesmal screws.

The aim of the clinical part was the precise description of the pathoanatomy and associated injuries within the "classic" and less frequent forms of Maisonneuve fracture based on CT examination and intraoperative findings.

Anatomical studies were performed on 352 dry bone specimens of adult fibula. Clinical studies were conducted on a set of 54 adult patients with "classic" MF occurring in the period 2012-2018 and 11 adult patients with "double" MF occurring in the period 2012-2020.

In the anatomical part of the dissertation, the crista malleoli lateralis was thoroughly described. It has been so far only marginally mentioned in the literature. Our study demonstrated the clinical significance of this structure. The CML represents an important landmark for the application of syndesmal screws or plates and it is essential for evaluating the position of the distal fibula in the incisura fibularis tibiae.

The clinical part of the study thoroughly analyzed the position of the fibula in the incisura, the typology of fracture of the proximal fibula and the pathoanatomy of fracture of the posterior and medial malleolus on a set of 54 adult patients with "classic" MF. We have demonstrated the importance of CT examination for the complete diagnosis of the extent of all associated injuries within the Maisonneuve fracture.

We also processed a set of 11 adult patients with a "double" MF. This is the largest published set of patients with this rare injury to date. We pointed out especially the diagnostic caution in the investigation of ankle injuries.

Úvod

Maisonneuveova zlomenina (MZ) je v traumatologii hlezna obecně známý pojem, přesto o ní existuje řada nesprávných představ, které mohou vést ke špatné volbě léčebného postupu. A to i přesto, že Maisonneuveova zlomenina tvoří okolo 5 % všech luxačních zlomenin hlezna a postižení jsou většinou aktivní pacienti v páté nebo šesté dekádě.

V České republice je MZ vlivem historického vývoje spojena s představou subkapitální zlomeniny fibuly, roztržením membrana interossea až do výše zlomeniny na fibule a díky tomu je považována za velmi nestabilní poranění (Bartoníček J., 2023).

Analýza literatury věnované MZ odhalila protichůdné názory jednotlivých autorů. Především recentní CT studie (Bartoníček J., 2019; He JQ., 2020) ukázaly, že MZ je mnohem komplexnější a variabilnější poranění, než jsme se domnívali. Navíc pojem MZ zlomenina není všemi autory chápán stejně.

Původní Maisonneuveho popis hovořil o subkapitální zlomenině fibuly spojené s roztržením lig. tibiofibulare anterius (Maisonneuve JG., 1840). Někteří autoři k MZ řadí i zlomeniny proximální poloviny nebo dokonce střední třetiny fibuly (Obeid EMH., 1998; Pérez RL., 2009).

Jiní hovoří o “Maisonneuve-like fractures“, a myslí tím případy s intaktní fibulou, tzv. distorze tibiofibulárního kloubu nebo luxace hlavice fibuly (Bissuel T., 2017; Hey HW., 2013; Hirschmann MT., 2008; Kumar G., 2004; Levy BA., 2006; Liu GP., 2021).

Nicméně na základě dosud publikovaných analýz lze Maisonneuveovu zlomeninu definovat jako zlomeninu proximální čtvrtiny fibuly spojenou minimálně s rupturou lig. tibiofibulare anterius (LTFA) a lig. tibiofibulare interosseum (LTFI) (Bartoníček J., 2022).

Navíc v 75 % případech dochází ke zlomenině zadní hrany tibie což je velmi významný fakt, neboť repozice a fixace dislokované zlomeniny zadní hrany významně napomáhá anatomické repozici fibuly do její tibiální incisury a tím zlepšuje podmínky pro zhojení předního i interoseálního tibiofibulárního ligamenta.

Vysoká variabilita poranění, různé nálezy na CT vyšetření, neuspokojivé výsledky zavřené repozice fibuly a nekonstantní průběh syndesmálních šroubů nás přiměly se problematikou Maisonneuveovy zlomeniny podrobněji zabývat.

Hlavní náplní mého studia byl popis jednotlivých lézí a forem v rámci Maisonneuveovy zlomeniny a optimalizace zavedení syndesmálních šroubů.

Cíle práce

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

Experimentální část byla založena na studiu kostěných preparátů z tzv. Pachnerovy sbírky (Pachner P., 1938).

Klinická část vychází ze souboru čítajícího 130 pacientů s různými typy Maisonneuveovy zlomeniny, které prospektivně sbíráme od roku 2012.

Anatomická část

Cílem bylo popsat výskyt a tvar a prokázat klinický význam crista malleoli lateralis, která se nachází na laterální straně distální fibuly a kterou předchází anatomické i klinické práce opomíjely.

Klinická část

Cílem byl přesný popis pathoanatomie jednotlivých lézí v rámci „klasické“ i méně častých forem Maisonneuveovy zlomeniny na základě CT vyšetření a peroperačních nálezů.

Dále jsme chtěli vytvořit standardizovaný radiodiagnostický protokol, včetně pooperačního sledování.

Materiál a metodika

Anatomická studie crista malleoli lateralis

V anatomické studii jsme zkoumali fibuly dospělých mužů i žen z Pachnerovy osteologické sbírky Anatomického ústavu 1. LF UK v Praze. Tato kolekce, která vznikla v letech 1934-1935, poskytuje základní údaje o každém skeletu, tj. pohlaví a věku jedince v době úmrtí.

Ze studie jsme vyřadili všechny preparáty patologicky změněné, se známkami poškození a nepárové vzorky. Soubor poté tvořilo 352 fibul (176 párů). Měření ve studii bylo prováděno posuvným a tyčovým měřidlem s přesností měření jedna setina milimetru pro posuvné měřidlo a jeden milimetr u měřidla tyčového.

Naměřená data byla dále zpracována pomocí tabulkového kalkulátoru Microsoft Excel Office 2016 s výpočtem maximálních, minimálních, průměrných, středních hodnot a směrodatné odchylky. Statistické zhodnocení a porovnání párových vzorků probíhalo pomocí Studentova T-testu při 5 % hladině významnosti.

Na každé fibule jsme sledovali výskyt crista malleoli lateralis (CML) a její tvar na zevní ploše laterálního malleolu. Následně jsme měřili tyto parametry:

- délku fibuly: vzdálenost mezi apexem hlavice a nejdálším bodem laterálního malleolu,
- celkovou délku CML: vzdálenost od jejího odstupu z crista anterior k apexu laterálního malleolu,
- délku průběhu CML ve střední části fibuly nad kloubní fasetou,
- výšku trojúhelníkové drsnatiny na mediální straně distální fibuly mezi odstupem interoseální membrány a horním okrajem kloubní plochy.

Klinické studie „klasické“ a „dvojité“ Maisonneuveovy zlomeniny

Klinické studie zpracovaly soubor 54 pacientů s „klasickou“ Maisonneuveovou zlomeninou a 11 pacientů s tzv. „dvojitou“ Maisonneuveovou zlomeninou. Soubor „klasické“ Maisonneuveovy zlomeniny byl následně rozšířen na 70 pacientů a výsledky publikovány v domácím neimpaktovaném časopise (*pro přehlednost jsou dále uvedena jen data pilotní studie*).

Do studie „klasické“ Maisonneuveovy zlomeniny byly zahrnuti dospělí pacienti léčení na Klinice ortopedie 1. LF UK a ÚVN Praha v letech 2012-2018. MZ byla definována jako luxační zlomenina hlezna obsahující zlomeninu proximální čtvrtiny fibuly.

Exkludujícími kritérii byly artróza, předchozí poranění nebo intervence hlezna a nezralost skeletu. Ze souboru byly vyloučeny také pacienti s etážovou zlomeninou fibuly.

U všech pacientů byl zhotoven Rtg hlezna ve 3 projekcích (předozaďní, bočňá a projekce na vidlici) a Rtg celého bérce ve 2 projekcích (předozaďní a bočňá). CT vyšetření hlezna bylo zhotoveno u 43 pacientů, u 34 z nich byly zhotoveny také 3D rekonstrukce.

Hodnotili jsme následující parametry:

- věk pacientů a jejich distribuce v dekáďách,
- anatomie zlomeniny fibuly,
- poranění mediálních struktur (lig. deltoideum, malleolus medialis),
- přítomnost a morfologie zlomenin zadní hrany tibie,
- poranění tibio-fibulární syndesmózy, včetně zlomeniny Tillaux-Chaputova hrbolku,
- postavení fibuly v tibiální incisuře v době úrazu,
- přidružená poranění v oblasti hlezna.

Ve studii „**dvojitě**“ **Maisonneuveovy zlomeniny** bylo zpracováno 11 pacientů s luxační kombinovanou zlomeninou laterálního malleolu a subkapitální zlomeniny fibuly, které byly ošetřeny na naší klinice v letech 2012-2020. Soubor tvořilo 5 mužů a 6 žen průměrného věku 57 let.

U všech pacientů bylo zhotoveno Rtg hlezna ve 3 projekcích, Rtg celého bérce a úrazové CT vyšetření včetně 3D CT rekonstrukcí hlezna. Operačně léčeni byli všichni pacienti.

Na základě Rtg snímků, CT a peroperačních nálezů jsme hodnotili následující parametry:

- anatomii zlomenin fibuly proximálně a distálně,
- rozsah poranění mediálních struktur (lig. deltoideum, malleolus medialis),
- zlomeninu zadního malleolu,
- poranění tibiofibulární syndesmózy včetně Tillaux-Chaputova hrbolu.

Výsledky

Anatomická studie crista malleoli lateralis

Anatomie crista malleoli lateralis: Studovaná hrana byla pozorována u všech vzorků jako konstantně se vyskytující struktura bez sklonu k variabilitám. Ve své proximální třetině se stáčí obloukovitě dorzálně a poté sestupuje distálně ve střední části zevní plochy laterálního malleolu až k jeho apexu.

V proximálních dvou třetinách průběhu je prominence hrany výraznější, v distální třetině (především pod úrovní horního okraje artikulační plochy) je hrana plošší.

Metrika: Měřili jsme níže uvedené parametry.

Průměrná délka fibuly byla v celém souboru 346,5 mm, u mužů činila 362,6 mm a u žen 327,1 mm. T-test pro srovnání délky fibuly mezi muži a ženami byl 0,00. Stranové srovnání u mužů mělo hodnotu 0,31 u mužů a 1,00 u žen.

Průměrná délka CML činila v celém souboru 85,4 mm, u mužů 89,1 mm a u žen 81,1 mm. T-test pro srovnání délky CML mezi muži a ženami byl 0,00. Stranové srovnání u mužů mělo hodnotu 0,31 u mužů a 0,64 u žen.

Průměrná délka průběhu CML ve střední části fibuly nad kloubní fasetou činila v celém souboru 25,9 mm, u mužů 25,6 mm a u žen 26,1 mm. T-test pro srovnání délky průběhu CML ve střední části fibuly nad kloubní fasetou mezi muži a ženami byl 0,76. Stranové srovnání u mužů mělo hodnotu 0,22 u mužů a 0,01 u žen.

Průměrná výška trojúhelníkové drsnatiny na mediální straně distální fibuly činila v celém souboru 34,9 mm, u mužů 36,0 mm a u žen 33,6 mm. T-test pro srovnání výšky trojúhelníkové drsnatiny na mediální straně distální fibuly mezi muži a ženami byl 0,00. Stranové srovnání mělo hodnotu 0,69 u mužů a 0,92 u žen.

Studie „klasické“ Maisonneuveovy zlomeniny

Epidemiologie: Studie zahrnovala 33 mužů s průměrným věkem 46,5 let (rozmezí 19–78) a 21 žen průměrného věku 50,9 let (rozmezí 26–75). Průměrný věk celého souboru byl 48,2 roku. Většina pacientů byla v páté a šesté dekádě. Ve věkové kategorii do 50 let dominovali muži (21:8), nad 50 let byl poměr mužů a žen byl téměř vyrovnaný (12:13).

Pravá strana byla postižena ve 36 a levá strana v 18 případech.

Zlomenina proximální fibuly: Subkapitální zlomenina byla nalezena v 50 případech (jednoduchá spirální linie u 42 pacientů, kominutivní zlomenina u 3 pacientů a nedislokovaná fisura v 5 případech). Hlavička fibuly byla rozlomena u zbývajících 4 pacientů.

Ve 14 případech (25 %) nebyla zlomenina fibuly patrná na předozadním snímku bérce, ale pouze v bočné projekci.

Poranění mediálních struktur: Poranění deltového vazy bylo zaznamenáno ve 27 případech (50 %). U 20 pacientů (37 %) byla nalezena zlomenina mediálního kotníku. Ve zbývajících 7 případech (13 %) byly mediální struktury hodnoceny jako intaktní.

Zlomeniny mediálního malleolu byly dále děleny na zlomeninu předního kolikulu (2 případy), na zlomeninu zasahující do interkolikulárního žlábků (5 případů) a na bikolikulární zlomeninu (13 případů).

Zlomenina zadní hrany tibie: Zlomeninu zadní hrany tibie jsme našli u 43 pacientů (80 %). Morfologie zlomeniny byla dle CT zobrazení určována podle klasifikace Bartoníčka a Rammelta. Typ 1 (extrainsurální) byl zjištěn v 5 případech, typ 2 (posterolaterální) v 18 případech, typ 3 (dvou-fragmentová zlomenina s mediální extenzí) v 11 případech a typ 4 (velký triangulární) ve 3 případech.

Postavení distální fibuly v incisura fibularis tibiae: Postavení distální fibuly v incisure jsme hodnotili na základě CT vyšetření u 43 pacientů.

V 9 případech byl prostor mezi fibulou a incisurou rozšířen pouze minimálně (do 2 mm v centru incisury), v 11 případech bylo rozšíření větší než 2 mm a ve 20 případech bylo rozšíření spojeno se zevní rotací fibuly. Ve 2 případech Bosworthovy zlomeniny došlo k dorzální luxaci distální fibuly z incisura fibularis tibiae. V 1 případě vznikla kompletní diastáza tibio-fibulární vidlice s vklíněním talu mezi obě kosti.

Poranění tibio-fibulární syndesmózy: Poranění vazivových struktur syndesmózy bylo hodnoceno u všech 54 pacientů.

Na základě CT zobrazení bylo patrné rozšíření tibio-fibulární distance nebo zevně-rotáčnický úchylka fibuly v 33 případech. U 2 pacientů byla zjištěna dorzální luxace fibuly.

Zlomenina zadní hrany tibie typu 2-4 byla zobrazena ve 43 případech a avulze Chaputova hrbolku u 9 pacientů.

Přidružená poranění: Přidružená poranění byla identifikována ve 3 případech. Jednalo se o jeden případ osteochondrální zlomeniny laterální části kladky talu, jeden případ osteochondrální zlomeniny posteromediální části kladky talu a jeden případ kompresivní zlomeniny laterální části kloubní plochy tibie v oblasti incisura fibularis tibiae.

Studie „dvojité“ Maisonneuveovy zlomeniny

Zlomenina fibuly: Proximálně byla v 9 případech nalezena subkapitální šikmá spirální zlomenina zasahující metadiaphyzárně. Ve 2 případech byla zaznamenána vysoká, krátce šikmá zlomenina zasahující do hlavičky fibuly.

V 9 případech byla zlomenina výrazněji dislokovaná, ve 2 případech minimálně, resp. se jednalo o fisuru.

Distální zlomenina fibuly byla v 1 případě hodnocena jako typ Weber B a v 10 případech jako typ Weber C. Z toho se v 7 případech se jednalo o nízký typ zlomeniny, ve 2 případech byla hlavní lomná linie 6-8 cm nad kloubní štěrbinou a v 1 případě byla zjištěna kominutivní zlomenina distální fibuly.

Poranění mediálních struktur: Poranění mediálních struktur bylo diagnostikováno na Rtg a CT vyšetření u všech 11 pacientů a následně potvrzeno i peroperačním nálezem.

Poranění deltového vazů (medial clear space větší než 4 mm) jsme na Rtg zaznamenali v 6 případech, u kterých byl peroperačně pozitivní zevně rotační test. U zbývajících 5 pacientů byla nalezena bikolikulární zlomenina mediálního malleolu.

Zlomeniny zadní hrany tibie: Zlomenina zadní hrany tibie se vyskytla u všech 11 pacientů. Podle CT klasifikace Bartoníčka-Rammelta se v 8 případech jednalo o typ 1 (extrainsurální) a ve 3 případech o typ 2 (posterolaterální).

Poranění tibiofibulární syndesmózy a Tillaux-Chaputova hrbolku: Na Rtg jsme našli rozšíření „tibio-fibular clear space“ větší než 5 mm v 9 případech. Rozšíření menší než 5 mm jsme našli u jednoho pacienta s distální zlomeninou Weber B a u jednoho pacienta s minimálně dislokovanou nízkou zlomeninou Weber C.

Avulzi Chaputova hrbolku jsme našli ve 4 případech, a u všech byla současně zjištěna zevní rotace distální fibuly. U zbývajících 7 pacientů jsme zevně rotační postavení distální fibuly zaznamenali 4krát. Ve 2 případech, kdy CT bylo prováděno až po stabilizaci hlezna zevní fixací nebo Kirschnerovými dráty, byla zjištěna přední translace fibuly. V 1 případě byla dislokace minimální.

Poranění lig. tibiofibulare interosseum jsme potvrdili u 7 pacientů na základě hákového testu v průběhu operace. Ve 2 případech (u pacienta se zlomeninou fibuly Weber B a u pacienta s nízkou zlomeninou Weber C) byl vaz intaktní.

Za avulzní poranění lig. tibiofibulare posterius jsme považovali 2 případy s CT verifikovanou zlomeninou zadní hrany tibie typu 2, u kterých byl při operační revizi nalezen intaktní vaz na fragmentu zadní hrany. V ostatních případech nebyl vaz během operace revidován.

Diskuze

Anatomická studie crista malleoli lateralis

Tato studie se podrobně zabývá anatomí crista malleoli lateralis (CML). Hodnotili jsme párové fibuly; věk a pohlaví dárců byly známy u všech našich exemplářů. Rozdíly v naměřených hodnotách mezi muži a ženami jsou většinou statisticky významné. Naproti tomu stranové rozdíly byly statisticky nevýznamné.

Anatomii CML stručně zmínilo v literatuře jen několik autorů. Testut uvádí: „*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 hrana předního okraje žlábků peroneálních svalů.*“ (Testut L., 1889)

V Hovelacqueově učebnici je hrana pouze zobrazena a obě plošky, které na zevní straně vytváří, jsou pojmenovány jako “*versant antérieur triangulaire*” and “*versant posterior*” (Hovelacque A., 1933). Rouviere naopak použil v textu termín “*crête oblique*” (crest oblique), ale struktura nebyla zobrazena na obrázku (Rouviere H., 1943). V Toldtově atlasu a v Lanz-Wachsmuthově učebnici je hrana velmi věrně zobrazena, ale bez jakéhokoli popisu (Toldt K., 1928; von Lanz T., Wachsmuth W., 1938).

Frazer zmiňuje v popisu k obrázku pouze obě plošky, přední nazývá “*subcutaneous surface*” a zadní “*peroneal surface*” (Frazer JES., 1946). Gray’s Anatomy uvádí: “*The anterior border of the fibula divides inferiorly into two ridges which enclose between them a subcutaneous triangular surface. ... The lower part of the posterior margin of triangular area gives attachment to the lateral extremity of the superior peroneal retinaculum.*” (Johnston TB., 1958). Avšak poslední vydání Gray’s Anatomy CML zcela opomíjí (Standring S., 2021).

Heim nazval CML “*Lateral Sporn*” (“*Lateral calcar*”) a upozornil na nutnost modelace dlahy při osteosyntéze zlomeniny laterálního malleolu (Heim U., 1972).

Kelikian byl jediný, kdo popsal CML velmi podrobně: “*the anterior border (of the fibula) divides into two branches, anterior and posterior... The posterior branch or oblique crest is directed downward and posteriorly... This oblique crest delineates two surface: anteroinferior and posterosuperior... and this must be taken into consideration during application of a plate... subcutaneous surface.*” (Kelikian AS., 2011).

Ve Whitově monografii je CML opakovaně zobrazena, ale bez jakékoli specifikace. Autor stručně popisuje pouze “*triangular subcutaneous area*” (White TD., 2012).

Z přehledu je patrné, že všichni autoři se shodují v zobrazení a popisu hrany. Pouze několik autorů tuto hranku pojmenovalo (“*Lateral Sporn*” nebo “*crête oblique*” / “*oblique crest*”).

Z klinického pohledu však CML představuje význačný orientační bod při aplikaci syndesmálních šroubů (SŠ) nebo dlahy a v neposlední řadě pro hodnocení postavení distální fibuly v incisura fibularis tibiae.

Optimální úroveň pro zavedení syndesmálních šroub(ů) je 1,5-3,5 cm nad kloubní štěrbinou, protože v tomto intervalu směřuje vrták proti konkavitě incisury a nemůže sklouznout po konvexní interoseální hraně (Bartoníček J., 2003; Fojtík P., 2020; Heim U., 1972). Důležité je, aby syndesmální šroub procházel středem fibuly a středem incisura fibularis tibiae. Pokud je SŠ zaveden z *“triangular area“*, není jeho průběh ani fixace ve fibule optimální.

Naše výsledky prokázaly, že ideální místo pro zavedení SŠ je do 2,5 cm proximálně od linie hlezenního kloubu. Pokud je šroub umístěn proximálněji, leží vstupní bod 1 až 2 mm dorzálně od CML.

Při přikládání dlahy na zevní kotník je nutno s CML počítat a modelovat dlahu tak, aby procházela středem distální fibuly, nikoli dominantně pokrývala area triangularis. V případě asymetrické polohy dlahy vzhledem k CML nelze přes ni zavést syndesmální šroub v optimální trajektorii.

Crista malleoli lateralis je podstatná pro přesné posouzení pozice fibuly ve fibulární incisuře na axiálním CT (Rammelt S., 2018). Optimální úroveň řezu je 4-5 mm proximálně k linii hlezenního kloubu (Bartoníček J., 2019).

Studie „klasické“ Maisonneuveovy zlomeniny

Jen tři studie MZ zahrnovaly více než 20 pacientů a žádná nebyla založena na CT vyšetření (Ammann E., 1981; Kirschner P., 1999; Babis GC., 2000). Proto jsme podrobně analyzovali náš soubor 54 pacientů s kompletním CT zobrazením a peroperačními nálezy.

Podle našich znalostí se jedná o největší dosud publikovaný soubor, který analyzuje podrobně pozici fibuly v incisuře, typologii zlomenin proximální fibuly i pathoanatomii zlomenin zadního a mediálního malleolu.

Základním znakem MZ je spirální subkapitální zlomenina fibuly nebo zlomenina její hlavičky, které jsou následkem rotačního poranění hlezna. Někteří autoři k MZ řadí i zlomeniny fibuly ve střední části, což je dle našeho názoru jiný typ zlomeniny (Pelton K., 2010; Pérez RL., 2009).

V našem souboru byly mediální struktury intaktní v 7 případech, což je podobný podíl jako v ostatních studiích (Hirschmann MT., 2008; Charopoulos I., 2010). Naznačuje to, že MZ

může být způsobena nejen pronačně-everzním mechanismem, ale také supinačně-everzním mechanismem.

Zlomeniny předního kolikulu, případně zlomeniny zasahující do interkolikulárního žlábků se často vyskytují se ve formě tzv. osteoligamentózního poranění, neboť jsou spojeny s částečnou nebo úplnou rupturou hluboké porce deltového vazů.

Morris et al. ve své MR studii popsali rupturu povrchové části deltového vazů u všech 5 analyzovaných případů, úplnou rupturu hluboké části vazů ve 3 případech a částečnou rupturu hluboké porce v 1 případě. V jednom případě zůstala hluboká porce deltového vazů intaktní (Morris JR., 1996). To v souhrnu znamená, že mediální struktury mohou být poraněny kompletně (bikolikulární zlomenina, kompletní léze deltového vazů nebo zlomenina předního kolikulu s kompletní lézí hluboké porce deltového vazů) nebo částečně (izolovaná ruptura povrchové části deltového vazů nebo izolovaná zlomenina předního kolikulu).

Zlomeniny zadní hrany tibie jsme našli u 80 % pacientů. Podle Bartoníčkovy-Rammeltovy klasifikace se nejčastěji jednalo o typy 2 a 3. Zlomeniny zadní hrany byly zmíněny i dalšími autory, incidence je rovněž podobná.

Rupturu předního tibiofibulárního ligamenta nebo ekvivalentní avulzi Tillaux-Chaputova hrbolku jsme našli u všech pacientů. Yoshimura et al. artroskopicky ověřili poškození LTFA ve všech 4 zkoumaných případech (Yoshimura I., 2008). Jak Morris, tak Manyi našli prasknutí LTFA ve všech jejich případech a vždy v kombinaci s lézí interoseálního tibiofibulárního ligamenta (Morris JR., 1996; Manyi W., 2000).

Mezikostní membrána je podle klasického chápání pathoanatomie MZ roztržena vždy a až na úroveň fibulární zlomeniny. Ve studii využívající MR Manyi zjistil, že MZ byla spojena s rupturou membrány u všech 12 pacientů, ale pouze u její distální třetiny, tzn. ne více než 112 mm nad úroveň hlezenního kloubu (Manyi W., 2000). Morris pomocí MR detekoval rupturu mezikostní membrány u čtyř z pěti vyšetřených pacientů (Morris JR., 1996).

Lézi zadního tibiofibulárního ligamenta (LTFP) popsal Morris ve 3 případech jako kompletní, v jednom případě jako parciální a v jednom případě bylo ligamentum intaktní (Morris JR., 1996). V artroskopické studii Yoshimura a kol. hodnotili všechna LTFP jako intaktní (Yoshimura I., 2008).

Posuzovat korektně pozici distální fibuly v tibiální incisurě je obtížné. Nám se osvědčily CT axiální řezy 4-5 mm nad úroveň kloubní štěrbiny hlezna. V této úrovni je incisura fibularis nejhlubší a tibie s fibulou jsou v těsném kontaktu a přední a zadní kontury obou kostí na sebe plynule navazují (Bartoníček J., 2019). Dislokace distální fibuly je na CT velmi variabilní, od minimálního rozšíření nebo zevní rotace fibuly až po dorzální dislokaci fibuly z incisury.

Přidružené osteochondrální léze kladky talu byly popsány na základě artroskopického vyšetření Yoshimurou, a ve všech čtyřech případech lokalizovány posteromediálně (Yoshimura I., 2008). V naší studii byla posteromediální osteochondrální zlomenina talu viditelná pouze na MR a ne na CT.

Pathomechanismus MZ byl diskutován několika autory (Weber BG., 1966). Podle Lauge-Hansena a dalších autorů se MZ vytvoří ve III. stadiu pronačně-everzní zlomeniny, to však nevysvětluje případy s intaktními mediálními strukturami. Proto musí být část případů vytvořena ve II. stadiu supinačně-everzní zlomeniny, což koresponduje i se sekvencemi popsanými Pankovichem (Lauge-Hansen N., 1950; Pankovich AM., 1976). Supinačně-everzní mechanismus také vysvětluje poranění předního fibulotalárního a kalkaneofibulárního vazů, které bylo popsáno Morrisem et al. (Morris JR., 1996). Tito autoři zjistili poranění předního fibulotalárního vazů u všech 5 pacientů, poranění kalkaneofibulárního vazů u 3 pacientů a poranění zadního fibulotalárního vazů u 1 pacienta.

Naše studie prokázala důležitost CT vyšetření pro kompletní diagnostiku rozsahu poranění v rámci MZ. Zlomeniny Tillaux-Chaputova hrbolku není možné na Rtg snímcích spolehlivě detekovat, také zlomeniny zadní hrany tibie nelze podle Rtg snímků dostatečně posoudit.

Vážnost vazivových poranění by bylo nejlepší hodnotit na základě zátěžových snímků hlezna a MR vyšetření, ale obtížné je obě vyšetření správně a časně provést. Měly by být však provedeny v případech které nejsou zřejmé dle CT vyšetření.

Studie „dvojité“ Maisonneuveovy zlomeniny

Zpracovali jsme soubor 11 pacientů s etážovou zlomeninou fibuly („dvojité“ Maisonneuveovy zlomeniny). Tato forma MZ byla do té doby zpracována pouze ve 4 kazuistikách.

Slawski a West v r. 1995 jako první popsali dvojitou zlomeninu fibuly u 46leté ženy. Obě zlomeniny fibuly byly diagnostikovány již při prvním vyšetření. Distální zlomenina byla klasifikována jako typ Weber B. Dále bylo zjištěno poranění deltového vazů, zlomenina zadního malleolu a nestabilita tibiofibulární syndesmózy (Slawski DP., 1995).

Hensel a Hapstrite zaznamenali luxační zlomeninu levého hlezna u 29letého muže, kterou si způsobil při ultimate frisbee. Na Rtg byly patrné jednoduché transverzální zlomeniny mediálního a laterálního malleolu a kominutivní zlomenina proximální části diafýzy fibuly, cca 8 cm pod hlavičkou fibuly (Hensel KS., 2002).

Colenbrander et al. diagnostikovali dvojitou zlomeninu fibuly u 56leté ženy po uklouznutí na schodech. Primárně byla na Rtg hlezna nalezena zlomenina distální fibuly typ Weber C

s rozšířením “medial clear space” svědčícím pro lézi deltového vazy. Po provedení osteosyntézy distální fibuly však přetrvávaly bolesti v oblasti horního konce fibuly. Kontrolní Rtg snímek bérce týden po operaci odhalil subkapitální zlomeninu fibuly (Colenbrander R.J., 2005).

Wolfram et al. popsali trimalleolární zlomeninu u 63leté pacientky kterou si způsobila při pádu na schodech. Diagnostikována byla zlomenina fibuly typu Weber B, zlomenina mediálního malleolu a zlomenina zadního malleolu. Pro přetrvávající dyskomfort po provedené osteosyntéze bylo třetí den po operaci doplněno Rtg kolena a zjištěna subkapitální zlomenina fibuly (Wolfram D., 2007).

Z těchto kazuistik je patrné, že v polovině případů byla subkapitální zlomenina fibuly přehlédnuta. V našich 11 případech byly obě zlomeniny fibuly diagnostikovány již při prvním ošetření, neboť vždy bylo kromě vyšetření hlezna provedeno i palpační vyšetření celé fibuly a na jeho základě doplněno Rtg vyšetření bérce.

Přínos CT vyšetření u zlomenin hlezna, zejména u trimalleolárních zlomenin a u zlomenin fibuly typu Weber C s instabilitou syndesmózy, je v posledních letech opakovaně zdůrazňován (Rammelt S., 2018). U našich 11 pacientů s dvojitou MZ nám CT umožnilo jednoznačně klasifikovat zlomeniny zadní hrany tibie, identifikovat avulze Tillaux-Chaputova hrbolu, které nebyly patrné na Rtg snímcích a verifikovat postavení fibuly v incisurě.

Zlomenina typu Weber C byla nalezena v 12 z 15 publikovaných případů, tedy v 80 %. V našich i literárních případech byly bikolikulární zlomeniny a ruptury lig. deltoideum zastoupeny vždy shodně v 50 %. V našem souboru ani v literatuře nebyla zaznamenána kombinovaná osteoligamentózní léze. Zlomeninu zadního malleolu jsme v našem souboru zaznamenali u všech pacientů, v literatuře byla popsána jen ve 2 ze 4 případů na bočním Rtg snímku hlezna (Slawski DP., 1995; Wolfram D., 2007). Zlomenina Tillaux-Chaputova hrbolku u dvojitě MZ nebyla v literatuře popsána.

Náš soubor „dvojitě“ MZ je příliš malý na srovnání se souborem „jednoduché“ MZ publikovaný Bartoníčkem a spol. (Bartoníček J., 2019). Nicméně nápadná je skutečnost, že jsme nezaznamenali žádnou zlomeninu zadní hrany typu 3 nebo 4 podle klasifikace Bartoníčka a Rammelta (Bartoníček J., 2015). V našem souboru „dvojitě“ MZ však dominovaly zlomeniny zadního malleolu typu 1. Naopak v souboru „klasické“ MZ převažovaly zlomeniny typu 2 a 3.

Přesný mechanismus vzniku dvouúrovňové zlomeniny fibuly nelze z 15 případů spolehlivě objasnit. Zůstává nejasné, zda fibula praskne nejprve v proximální nebo distální části.

Závěry

Popsali jsme výskyt a tvar *crista malleoli lateralis*, struktury, která byla v dřívějších anatomických i klinických pracích opomíjena. Za základě CT vyšetření i klinických zkušeností jsme prokázali význam této struktury jako základního orientačního bodu při zavádění syndesmálních šroubů.

Na velkém souboru pacientů s kompletní radiodiagnostikou a operačními nálezy jsme ukázali *velkou variabilitu pathoanatomie Maisonneuveovy zlomeniny*. A to jak z hlediska kombinace jednotlivých poranění, tak stability zlomeniny.

Dokázali jsme *nutnost CT vyšetření* u každého pacienta s Maisonneuveovou zlomeninou. Pouze na základě CT zobrazení je možná přesná detekce všech poranění a správný plán léčby. U operačně léčených pacientů byla rovněž prokázána nutnost časného kontrolního CT vyšetření.

Publikovali jsme studii „*dvojitě*“ *Maisonneuveovy zlomeniny*, ve které jsme upozornili především na její možný výskyt a diagnostickou opatrnost při vyšetřování zlomenin Weber B a C. Zhodnoceny byly i radiologické a klinické výsledky našich 11 pacientů. Tato studie je ve světové literatuře prioritní.

Literatura

1. **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.
2. **Bartoniček J.** *Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance.* Surg Radiol Anat. 2003;25:379-386.
3. **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.
4. **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.
5. **Bartoniček J, Rammelt S, Tuček M.** *Maisonneuve fractures of the ankle: A critical analysis review.* JBJS Rev. 2022;21:10:1-12.
6. **Bartoniček J, Fojtík P, Bunganičová E, Tuček M.** *Maisonneuveova zlomenina hlezna [Maisonneuve fracture].* Rozhl Chir. 2023;102:48-59.
7. **Bonnin JG.** *Injuries to the Ankle.* London, Heinemann 1950, 17-25.
8. **Colenbrander RJ, Struijs PAA, Ultee JM.** *Bimalleolar ankle fracture with proximal fibular fracture.* Arch Orthop Trauma Surg. 2005;125:571-574.
9. **Fojtík P, Kostlivý K, Bartoniček J, Naňka O.** *The fibular notch: an anatomical study.* Surg Radiol Anat. 2020;42:1161-1166.
10. **Hirschmann MT, Mauch C, Mueller C, Mueller W, Friederich NF.** *Lateral ankle fracture with missed proximal tibiofibular joint instability (Maisonneuve injury).* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008;16:952-956.
11. **Kašper Š, Bartoniček J, Kostlivý K, Malík J, Tuček M.** *Maisonneuveho zlomenina.* Rozhl Chir. 2020;99:77-85.
12. **Kelikian AS.** *Sarrafian's anatomy of the foot and ankle descriptive topographic functional.* Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 2011, 40-45.

13. **Kolman J.** *Maisonneuveova zlomenina.* Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 1999;66:41-45.
14. **Lauge-Hansen N.** *Fractures of the ankle. II. Combined experimental-surgical and experimental-roentgenologic investigations.* Arch Surg. 1950;60:957-985.
15. **Maisonneuve JG.** *Recherches sur la fracture du peroné.* Arch Gen Med. 1840;7:165-187,433-473.
16. **Merrill KD.** *The Maisonneuve fracture of the fibula.* Clin Orthop Relat Res. 1993;287:218-223.
17. **Pankovich AM.** *Maisonneuve fracture of the fibula.* J Bone Joint Surg. 1976;58-A:337-342.
18. **Rammelt S, Boszczyk A.** *Computed tomography in the diagnosis and treatment of ankle fractures: A critical analysis review.* JBJS Rev. 2018;6:e7.
19. **Rammelt S, Bartoníček J.** *Posterior malleolar fractures: a critical analysis review.* JBJS Rev. 2020;8:e19.00207.
20. **Slawski DP, West C.** *Maisonneuve fracture with an associated distal fibular fracture.* Clin Orthop Relat Res. 1995;317:193-198.

Seznam publikací doktoranda

Publikace in extenso, které jsou podkladem disertace

S IF:

1. **Bartoníček 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. **IF-2,021 Q2, WOS-30**
2. **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. **IF-2,100 Q3, WOS-1**
3. **Fojtík P, Kašper Š, Bartoníček J, Tuček M, Naňka O.** *Lateral malleolar crest and its clinical importance.* Surg Radiol Anat. 2023;45:255-262. **IF-1,400 Q3**

Bez IF:

4. **Kašper Š, Bartoníček J, Kostlivý K, Malík J, Tuček M.** *Maisonneuveova zlomenina [Maisonneuve fracture].* Rozhl Chir. 2020;99:77-85.