
Univerzita Karlova
3. lékařská fakulta

DIZERTAČNÍ PRÁCE

MUDr. Jiří Marvan

Praha 2017

Univerzita Karlova
3. lékařská fakulta

DIZERTAČNÍ PRÁCE

**Morfologie zlomenin v oblasti hlezna
– její vliv na typ zlomeniny a výsledky léčby**

*Morphology of ankle fractures – its impact
on the type of fracture and the outcomes of treatment*

Školitel:

Prof. MUDr. Martin Krbec, CSc.

Školitel – konzultant:

Doc. MUDr. Václav Báča, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem dizertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze

Jiří Marvan

Podpis

Identifikační záznam:

MARVAN, Jiří: *Morfologie zlomenin v oblasti hlezna – její vliv na typ zlomeniny a výsledky léčby* [Morphology of ankle fractures – its impact on the type of fracture and the outcomes of treatment]. Praha: Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta, 2017. Vedoucí práce: Martin Krbec, Václav Báča.

Klíčová slova: (v ČJ a AJ)

zlomenina hlezna – ankle fracture

morfologie a epidemiologie – morphology and epidemiology

chirurgické léčení – surgical treatment

výsledky léčby – outcome of treatment

komplikace – complication

metoda konečných prvků – finite element method

Celá práce byla provedena v rámci autorova studia v postgraduálním doktorském studiu v biomedicině v oborové radě „Experimentální chirurgie“.

Práce byla provedena na těchto pracovištích:

Ortopedicko-traumatologická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

Ústav anatomie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy

Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze

Katedra technických studií, Katedra zdravotnických studií, Vysoká škola polytechnická Jihlava

Středoevropský technologický institut (CEITEC) v Brně

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému školiteli, prof. MUDr. Martinu Krbcovi, CSc., za umožnění postgraduálního studia na jím vedené klinice, vytvoření podmínek k práci a za odborné vedení.

Velké poděkování patří doc. MUDr. Václavu Báčovi, Ph.D., který mne provedl celou problematikou odborné i experimentální části. Neocenitelné byly jeho rady a čas věnovaný konzultacím při přípravě přednášek, publikací a celé dizertační práce. Byl mi oporou ve všech fázích postgraduálního studia.

Rovněž bych chtěl poděkovat doc. Ing. Zdeňku Horákovi, CSc., za pomoc při získávání potřebných informací týkajících se experimentální části a provedení experimentálních analýz.

Moje postgraduální studium je neodmyslitelně spjata s osobou prof. MUDr. Valéra Džupy, CSc. Vedle jeho cenných rad a vstřícnosti po celou dobu mého studia a také při sestavování dizertační práce, jsem u něho našel oporu i v každodenní práci na klinice. Patří mu velké poděkování.

MUDr. Petru Waldaufovi bych chtěl poděkovat za pomoc při statistickém zpracování dat a paní Miroslavě Plecité za pomoc při rešeršní činnosti.

Chtěl bych také poděkovat primáři MUDr. Vladimíru Fričovi, CSc., za pomoc při vytvoření podmínek pro přípravu dizertační práce.

Za cenné rady při přípravě práce děkuji MUDr. Radku Bartoškovi, Ph.D. a doc. MUDr. Jiřímu Skálovi-Rosenbaumovi, Ph.D.

Chtěl bych poděkovat prof. MUDr. Janu Bartoníčkoví, DrSc., který mně umožnil před mnoha lety zahájit spolupráci s klinikou. Kromě jiného byl také rádcem u mé první přednášky na téma luxační zlomeniny hlezna.

V neposlední řadě moje velké poděkování patří manželce Jitce, dceři Zuzaně a synovi Davidovi za pomoc, trpělivost a psychickou podporu po celou dobu studia. Bez nich by dokončení práce bylo obtížné.

Obsah

1. Úvod	9
2. Hypotéza a cíle práce	10
3. Historické poznámky	11
3.1. Poranění struktur hlezna v historickém kontextu	11
3.2. Eponyma	12
3.3. Klasifikace zlomenin hlezna	14
4. Anatomické poznámky	18
4.1. Anatomie hlezna	18
4.2. Vazy hlezna	19
4.2.1. Vazy tibiofibulární syndezmózy	19
4.2.2. Mediální systém vazů	21
4.2.3. Laterální systém vazů	21
4.3. Svaly, cévy, nervy	22
4.4. Anatomické struktury důležité při operačních přístupech	22
4.5. Rozsah pohybů v oblasti hlezenního kloubu	24
4.6. Závěr	24
5. Klinické poznámky	25
5.1. Diagnostika zlomenin hlezna	25
5.2. Léčení zlomenin hlezna	27
5.2.1. Konzervativní a operační léčba	27
5.2.2. Načasování operace	27
5.2.3. Definitivní operační výkon	29
5.2.4. Technika ošetření jednotlivých struktur hlezna	29
5.2.5. Specifické situace a odlišné terapeutické postupy	31
5.3. Závěr	33
6. Analýza vlastního klinického souboru	34
6.1. Charakteristika souboru	34
6.2. Metodika	34

6.3. Epidemiologické aspekty zlomenin hlezna	37
6.3.1. Počet pacientů a pohlaví	37
6.3.2. Lateralita	37
6.3.3. Otevřené zlomeniny	37
6.3.4. Věkové složení souboru	37
6.3.5. Hodnocení výsledku podle OMA skóre	38
6.3.6. Závažnost úrazu	38
6.3.7. Příčina úrazu	39
6.4. Morfologické aspekty zlomenin hlezna	41
6.4.1. Rozdělení pacientů podle Weberovy klasifikace	41
6.4.2. Morfologie zlomenin typu A podle Weberovy klasifikace	43
6.4.3. Morfologie zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace	43
6.4.3.1. Typy poranění struktur hlezenního kloubu	43
6.4.3.2. Vztahy mezi různými typy poranění struktur hlezna u typu B podle Weberovy klasifikace	44
6.4.3.3. Hodnocení zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace	46
6.4.4. Morfologie zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace	48
6.4.4.1. Typy poranění struktur hlezenního kloubu	48
6.4.4.2. Vztahy mezi různými typy poranění struktur hlezna u typu C podle Weberovy klasifikace.	48
6.4.4.3. Hodnocení zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace	50
6.4.5. Morfologie izolovaných zlomenin vnitřního kotníku	52
6.5. Způsoby operačního ošetření jednotlivých struktur hlezna	52
6.5.1. Ošetření zlomenin typu A podle Weberovy klasifikace	52
6.5.2. Ošetření zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace	53
6.5.3. Ošetření zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace	53
6.5.4. Ošetření izolovaných zlomenin vnitřního kotníku	54
6.6. Suprasyndezmální šrouby u zlomenin hlezna	54
6.7. Přehled sledovaných komplikací po operačním řešení zlomenin hlezna	56
6.7.1. Potraumatické artrotické změny.	56
6.7.2. Synostózy distálního tibiofibulárního spojení	57
6.7.3. Omezení rozsahu pohybu v hlezenním kloubu	59
6.7.4. Pooperační ranné komplikace	60
6.7.5. Celkové komplikace	63

6.8. Diskuze	63
6.9. Závěr	71
7. Strukturální uspořádání distálního konce fibuly	72
7.1. Úvod	72
7.2. Materiál a metodika	75
7.2.1. Výbrusy centrálních cévních kanálů distální fibuly – zobrazení osteonů	75
7.2.2. Zobrazení spongiózní kosti pomocí μ CT	75
7.3. Výsledky	76
7.3.1. Výbrusy centrálních cévních kanálů distální fibuly – zobrazení osteonů	76
7.3.2. Zobrazení spongiózní kosti pomocí μ CT	78
7.4. Diskuze a závěr	79
8. Experimentální biomechanické analýzy	80
8.1. Úvod	80
8.2. Materiál a metoda	80
8.2.1. Geometrie výpočtového modelu	80
8.2.2. Materiálové modely	82
8.2.3. Okrajové podmínky a zatížení modelu	84
8.3. Výsledky	85
8.4. Diskuze	99
8.5. Závěr	100
9. Závěr dizertační práce	101
10. Literatura	103
11. Publikace se vztahem k tématu dizertační práce	116

1. Úvod

Zlomeniny v oblasti hlezenního kloubu představují komplexní poranění s různou prognózou, která závisí na mnoha faktorech. Mezi nejdůležitější patří typ zlomeniny, způsob léčby, biologický stav pacienta, přidružená poranění a komplikace.

Mnohotvárnost postižení kostních i ligamentózních struktur, pestrost v etiologii úrazových dějů, stoupající trend výskytu, který přináší současná moderní doba a v neposlední řadě stále aktuální možnost vzniku poúrazových komplikací a trvalých následků řadí tyto zlomeniny k závažným poraněním. Na většině traumatologických pracovišť patří mezi nejčastěji se vyskytující zlomeniny a tvoří tedy významnou kapitolu traumatologie pohybového aparátu. Ve statistikách našeho pracoviště zauímají dlouhodobě třetí místo za zlomeninami distálního radia a proximálního femuru.

Monotraumata zůstávají dominující skupinou, i když v posledních letech je patrně zvyšující se zastoupení polytraumat a sdružených poranění. Velká variabilita postižení jednotlivých částí hlezenního kloubu, kde nacházíme různé typy poranění vazů a kostí (různá velikost a četnost úlomků, různost průběhů linií lomu), ve svém důsledku vytváří pestrý obraz klinických stavů, které vyžadují odpovídající řešení, a to konzervativní či operační. Důležitým faktorem rozhodujícím o výběru terapeutického postupu a způsobu osteosyntézy je přesné zhodnocení typu zlomeniny na RTG snímku a zařazení do nejčastěji užívaných klasifikačních schémat (Weberova, AO, Lauge-Hansenova klasifikace). Souběžně je nutno zhodnotit lokální nález oblasti hlezna, celkový stav a přidružené choroby, což vše přímo ovlivňuje způsob ošetření.

Různé komplikace v léčbě, zvláště u hojení v neanatomickém postavení v hlezenním kloubu, vedou k poruše funkce a rozvoji poúrazové artrózy se všemi důsledky. Problematika trvalých následků po ošetření zlomenin hlezna je složitá, ale závažné klinické, sociální a ekonomické aspekty těchto úrazů lze zmírnit dobrou znalostí zásad diagnostiky a léčebných postupů. V souvislosti se složitostí anatomické stavby a širokým spektrem různého typu poranění jednotlivých struktur hlezna lze v literatuře nalézt jistou nejednotnost v klasifikačních schématech, ale i v typech ošetření včetně indikace konzervativní a chirurgické léčby. Vývoj názorů na řešení této problematiky se v průběhu historie logicky vyvíjí a ukazuje se, že v poslední době hraje v managementu důležitou roli hlavně CT vyšetření, které je přínosem v problematice nejen klasifikací, ale i terapeutických postupů a hodnocení komplikací.

2. Hypotéza a cíle práce

Předložená dizertační práce má ověřit hypotézu:

1. Zpřesněním morfologického popisu terénu zlomeniny mohou být ovlivněny základní algoritmy diagnostiky i léčby zlomenin hlezna.
2. Existuje vztah mezi subjektivním hodnocením stavu a výsledným stavem po operační léčbě zlomeniny hlezna.

Z toho důvodu jsme provedli analýzu souboru pacientů operovaných na Ortopedicko-traumatologické klinice 3. LF UK a FNKV pro zlomeninu hlezna se zaměřením na epidemiologické, morfologické a klinické parametry.

Dále jsme si chtěli experimentálně ověřit některé aspekty týkající se zlomenin hlezna. Jednak jsme se věnovali struktuře kortikální a spongiózní kosti distální fibuly a provedli jsme biomechanickou studii oblasti distální fibuly po jejím ošetření různými typy osteosyntézy.

Cíle dizertační práce:

1. Doplnění informací v problematice uspořádání zlomenin hlezna vyhodnocením souboru pacientů s provedenou operační léčbou zlomeniny hlezna.
2. Posouzení vztahu morfologie zlomenin oblasti hlezenního kloubu s typem zlomeniny, způsobem provedení osteosyntézy a výsledkem operační léčby.
3. Studium kombinací poranění jednotlivých struktur hlezna mezi sebou (fibula, mediální kotník, zadní hrana tibie).
4. Studium morfologie distálního konce fibuly se zaměřením na oblast struktury kortikální kosti (výbrusy) a uspořádání spongiózní kosti (μ CT).
5. Analýza biomechanické situace sledované oblasti aplikací metody konečných prvků (distribuce povrchových napětí distální fibuly ve vztahu k typu použitého implantátu a osteoporóze).

3. Historické poznámky

3.1. Poranění struktur hlezna v historickém kontextu

Historické souvislosti patří k nedílné součásti komplexního pohledu na problematiku zlomenin hlezna. Snahy o objasnění typu poranění kostěných i vazivových struktur a jejich korelace se způsobem léčby zahrnují epochu pouhých empirických výzkumů, dále využívání experimentálních metod a nakonec období ovlivněné objevem rentgenových paprsků. V každém období je patrna různorodost názorů jednotlivých autorů na hlavní aspekty problematiky zlomenin hlezna. V rámci této kapitoly lze zmínit jen některé autory a jejich pohledy na důležité problémy zlomenin hlezna.

Hippocrates již kolem roku 300 př. n. l. ukázal podrobný popis lézí v oblasti hlezenního kloubu a popsal luxace kostí bérce různými směry oproti talu [88]. Důležitost exaktní repozice talu do vidlice hlezenního kloubu pro jeho funkci uváděl již v prvním století A. Cornelius Celsus. J. L. Petit zdůrazňoval důležitost přesné repozice pro prevenci vzniku následných komplikací. J. G. Duverney spojoval léčení závažnějších luxací a zlomenin hlezna pouze s primární amputací. Důležitost významu fibuly v přenosu váhy těla na oblast nohy u zlomenin hlezna zdůrazňoval Bromfield (1773), jenž se také výrazně zasazoval o přesnou repozici a stabilizaci zlomeniny fibuly. Obdobně zdůrazňoval zásadní roli fibuly pro fyziologické postavení v oblasti hlezna také P. Pott [88].

V experimentálním období přinesly větší vědeckou hodnotu pokusy jednotlivých autorů na kadaverech nebo simulace násilí na hlezenní kloub v modelových situacích. J. F. Malgaigne roku 1847 ve svých pracích uvedl, že zlomeniny fibuly jsou nejčastější v období mezi 25. a 50. rokem života se čtyřnásobnou převahou mužů. Zajímavé jsou nálezy Volkmana, který kolem roku 1875 popsal odlomení přední hrany tibie a komplexní zlomeniny hlezna spojoval s extrémním valgózním násilím [88].

Důležitým milníkem byl objev rentgenových paprsků v roce 1895 W. C. Röntgenem, což umožnilo lepší diagnostiku, klasifikaci, exaktnější repozici úlomků a pooperační kontroly výsledků. Do popředí většího zájmu se dostala zlomenina zadní hrany tibie. P. Cooper je uváděn jako jeden z prvních autorů, který publikoval případ odlomené zadní hrany tibie, a to ještě před objevem RTG paprsků. Chaput (1899) prezentoval jako první její RTG snímek a doporučil soustředit se na tento nález související se stabilitou hlezna a možnými poúrazovými komplikacemi. Hansen a Tanton publikovali nálezy izolovaných zlomenin zadní hrany, zatímco Grashey a Husfeldt je jako izolované nenašli [88]. Zlomenina zadní hrany distální tibie byla Tantonem nazývána Destotovou zlomeninou. Destot byl podle něho prvním, kdo objevil mechanismus a zdůraznil klinické relevance tohoto typu poranění [8]. Kromě Destota je spojena zlomenina zadní hrany

tibie s dalšími jmény. V německy mluvících zemích je většinou označována jako zlomenina Volkmannova trojúhelníku. Literární zdroje uvádějí však, že první popis odlomení zadní hrany tibie je spojen se jménem H. Earle, který tak učinil v roce 1828 [12,19]. První popsaná osteosyntéza odlomené zadní hrany pochází od Lounsburyho a Metze z roku 1922 a byla provedena posteromediálním přístupem, jak uvedli ve své práci Bartoníček a spol. [19].

Ruptura vazů syndezmózy s dislokací ve vidlici talokrurálního kloubu byla další důležitou oblastí hlezna, která byla studována klinicky i experimentálně. Destot ve svých výsledcích uzavřel, že malá marginální zlomenina tibie byla spojována s rupturou ligament syndezmózy a naopak velký fragment zadní hrany tibie nesouvisel s poraněním syndezmózy [88].

Snahy o vysvětlení příčin vzniku různých typů zlomenin zadní hrany však byly detailně provedeny až Lauge-Hansenem v jeho experimentálně chirurgických pozorováních a výzkumech. N. Lauge-Hansen se zapsal během své praxe neodmyslitelně do historie klasifikací zlomenin hlezna. A to přesto, že jeho komplexní klasifikace je v řadě prací považována za komplikovaný a ve všem ne zcela exaktní systém [7,13].

Vývoj operační léčby zlomenin hlezna je spojen ve 20. století se jmény A. Lambotte, W. A. Lane, R. Danis, J. G. Bonnin, B. G. Weber, A. Pankovich, W. Hamilton a otec a syn Kelikianové. V českých zemích se o rozvoj operační léčby zlomenin hlezna zasloužili největší měrou postupně O. Čech, F. Stryhal, M. Slavík, P. Dungal a J. Bartoníček. Historickou událostí mající vliv na komplexní přístup k problematice léčby zlomenin hlezna bylo založení AO ve švýcarském Bielu 6. října 1958. Vydání jednotlivých AO manuálů, pořádání AO kurzů a celosvětové rozšíření dokumentuje její zásadní význam.

3.2. Eponyma

Přestože existují odpůrci eponym, jsou některá z nich běžně užívaná v traumatologické praxi. Zastánci eponym uvádějí, že jejich používání usnadňuje a urychluje komunikaci mezi spolupracovníky a zdůrazňuje zachovávání tradic a historického povědomí [128].

Maisonneuvova zlomenina. Jacques-Gilles Maisonneuve (1809–1897) (obrázek 1) byl francouzský chirurg, který popsal jako první externě-rotací mechanismus pro specifický typ zlomeniny hlezna. Patří k závažnému typu zlomeniny typu C podle Weberovy klasifikace. Léčení je obvykle operační a důraz je kladen na anatomickou reparaci oblasti poraněné syndezmózy [128].



Obr. 1. Jacques-Gilles Maisonneuve [128].



Bosworthova zlomenina. David Marsh Bosworth (1897–1979) (obrázek 2) popsal v roce 1947 zlomeninu distální části fibuly s přidruženou dislokací a fixací proximálního fragmentu za dorzální část tibie. Jedná se o velmi vzácný typ zlomeniny hlezenního kloubu, indikovaný k operační léčbě. V literatuře jsou popisovány i atypické varianty tohoto poranění. Odlišná je dislokace intaktní lýtkové kosti za holenní kost, která byla poprvé popsána Ashhurstem a Bromerem v roce 1922 [16,70,75,128].

Obr. 2. David Marsh Bosworth [128].

Wagstaffe-Le Fortova zlomenina je zlomenina části distální fibuly v místě úponu předního tibiofibulárního vazy. Nese jméno podle dvou významných lékařů: francouzský chirurg Leon Clement Le Fort (1829–1893) (obrázek 3) a anglický lékař William Warwick Wagstaffe (1843–1910) [128].



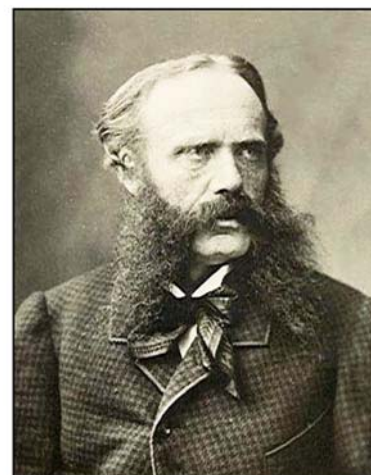
Obr. 3. Leon Clement Le Fort [128].



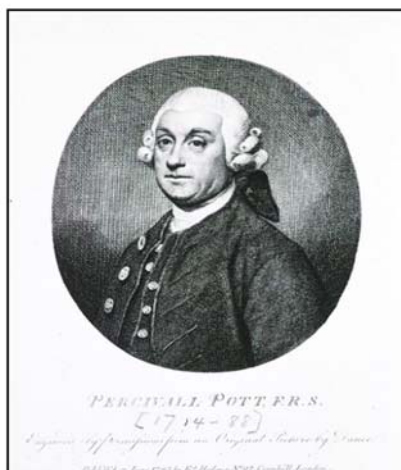
Tillaux-Chaputova zlomenina je v traumatologické praxi označení pro avulzi přední části tibie v místě úponu předního tibiofibulárního vazy. Detailní popis této léze je uveden v práci Somforta a spol. [128] a nese jména dvou francouzských chirurgů: Paul Jules Tillaux (1864–1904) a Henri Victor Alexander Chaput (1857–1919) (obrázek 4).

Obr. 4. Henri Victor Alexander Chaput [128].

Volkmannova zlomenina. Tímto názvem se v traumatologické praxi označuje odlomení zadní hrany tibie. Eponymum je však příkladem četných diskuzí. Volkmann (obrázek 5) totiž primárně popsal avulzi přední části distální tibie. Historicky popsal odlomení zadní hrany tibie poprvé Earle, a tak se při popisu odlomeného fragmentu zadní hrany v literatuře můžeme setkat i termínem Earlův trojúhelník [12,19,128].



*Obr. 5. Richard von Volkmann
(převzato z https://de.m.wikipedia.org/wiki/Richard_von_Volkmann).*



Pottova zlomenina. Percivall Pott (1714–1788) (obrázek 6) popsal zlomeninu způsobenou kombinovaným abdukčním a externě rotačním násilím a zahrnující rupturu deltového vazy nebo zlomeninu vnitřního kotníku spojenou se zlomeninou fibuly a laterální dislokací talu. Na rozdíl od Dupuytreny, nepopsal Pott rupturu tibiofibulárních vazů [128].

Obr. 6. Percivall Pott
(převzato z https://en.m.wikipedia.org/wiki/Percival_Pott).

Dupuytrenova zlomenina. Guillaume Dupuytren byl francouzský lékař žijící v letech 1777–1835 (obrázek 7). Podle něho pojmenovaná zlomenina je termín pro luxační zlomeninu hlezna, zahrnující zlomeninu fibuly nad syndezmózou, spojenou s diastázou tibiofibulární vidlice [128].



Obr. 7. Guillaume Dupuytren [128].

3.3. Klasifikace zlomenin hlezna

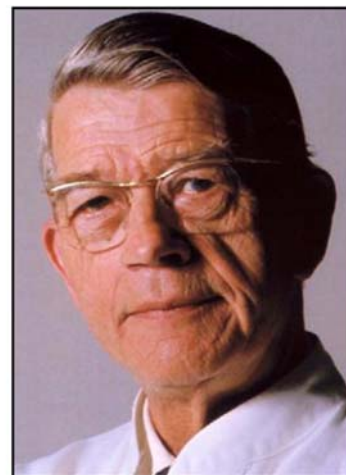
Rozvoj klasifikací souvisel v historickém kontextu s úrovní vědeckého poznání a vývojem zobrazovacích metod. V Laueho práci (1948) jsou zmíněny první pokusy Quennyho, který dělil zlomeniny na maleolární a supramaleolární s respektováním poranění syndezmózy. Destot rozlišoval vlastní maleolární zlomeniny a dále zlomeniny spojené s marginálními abrupcemi tibie a dorzální části tibiální kloubní plochy. Vysvětloval tyto zlomeniny ve vztahu k nosné funkci tibie, talu a kalkanea a jejich vlivu na maleolární vidlici [88]. Tantonova klasifikace z roku 1916 rozeznává zlomeniny kotníků (izolované, asociované) a zlomeniny pilonu (parciální, úplné) [13]. M. Henderson (1932) založil svoji klasifikaci na patologickoanatomických nálezech a dělil zlomeniny na izolované (mediální a laterální maleolus), bimaleolární a trimaleolární [88].

Řada dalších autorů (Husfeldt, Matti, L. Böhler, Leusden, Schnek) rozdělovala zlomeniny na supinační, pronáčnické nebo rotační. Jedním z nedostatků byly chybějící informace o stavu syndezmózy nebo přítomnosti marginálních fraktur [88]. Z hlediska historického pohledu, ale i třídění podle mechanismu úrazu a morfologie zlomeniny, je významná klasifikace Ashhurst-Bromerova z roku 1922. Danis ve své klasifikaci z roku 1949 rozdělil zlomeniny hlezna do čtyř typů podle výšky linie lomu na fibule [13].

V současné době mezi nejaktuálnější řadíme následující tři klasifikace.

Laug-Hansenova klasifikace. Autorem (obrázek 8) byly její základy poprvé publikovány v roce 1942 na základě experimentů na kadaverech a v dalších letech podrobně rozpracovány. Rozdělení na jednotlivé typy vychází z postavení nohy v době úrazu (supinace nebo pronace) a ze směru působícího násilí (addukce, abdukce, everze). Zásadním aspektem je, že popisuje postupně jednotlivá stadia poranění hlezna a umožňuje odhadnout mechanismus úrazu a předpokládaná další postižení jednotlivých struktur při různém stupni násilí [13].

Obr. 8. Niels Laug-Hansen [128].



Jsou popisovány čtyři základní typy.

1. supinačně-addukční (2 stupeň). Násilí začíná na laterální straně, kde dochází k ruptuře vazů nebo zlomenině zevního kotníku infrasyndezmoticky (1. stupeň). Při pokračování násilí vznikne vertikální zlomenina vnitřního kotníku (2. stupeň).

2. pronačně-abdukční (3 stupeň). Násilí začíná na mediální straně a postupně mohou vzniknout jednotlivá poranění struktur hlezna. Fibulární vazy nebo zlomenina vnitřního kotníku (1. stupeň), *ligamenta tibiofibularia anteriora et posteriora* (2. stupeň), zlomenina fibuly (3. stupeň).

3. supinačně-everzní (4 stupeň). Začíná lézí předního tibiofibulárního vazy (1. stupeň), pokračuje zlomeninou fibuly v místě syndezmózy (2. stupeň), dále vzniká ruptura zadního tibiofibulárního vazy nebo zlomenina zadní hrany tibie (3. stupeň) a nakonec se láme vnitřní kotník či vzniká ruptura deltového vazy (4. stupeň). Patří k nejčastějšímu typu poranění.

4. pronačně-everzní (4 stupeň). Násilí začíná mediálně (zlomenina vnitřního kotníku či ruptura deltového vazy, 1. stupeň), pokračuje lézí *ligamentum tibiofibulare anterius* (2. stupeň), zlomeninou fibuly suprasyndezmálně (3. stupeň) a nakonec je postiženo *ligamentum tibiofibulare posterius* nebo odlomena zadní hrana (4. stupeň) [30,153].



Weberova klasifikace luxačních zlomenin (obrázek 10). Svoji první klasifikaci Bernhard Georg Weber (1927–2002) (obrázek 9) představil v roce 1966 a pro svoji jednoduchost, respektování zásad mechanismu vzniku jednotlivých typů poranění a pro praktický návod k operační terapii luxačních zlomenin hlezna se stala všeobecně používanou klasifikací v traumatologické praxi. Rozdělení má i význam prognostický, kdy závažnost stoupá od typu A k typu C.

Obr. 9. Bernhard Georg Weber [128].

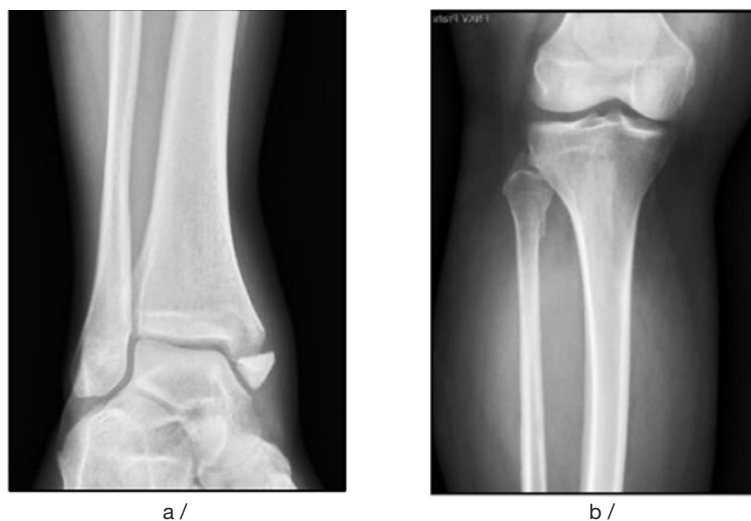
Weber dělí zlomeniny hlezna podle výšky lomné linie na fibule a vztahu lomné linie k tibiofibulární syndezmóze do tří základních typů.



Obr. 10. RTG zlomenin hlezna podle Weberovy klasifikace, AP projekce: a – typ A, b – typ B, c – typ C.

1. typ A – zlomenina fibuly pod úrovní syndezmózy. Tyto zlomeniny vznikají supinačně-addukčním mechanismem, kdy na laterální straně dochází k ruptuře fibulárního vazy (nejčastěji přední talofibulární vaz) nebo k postižení distálního konce fibuly ve smyslu odlomení apexu či zlomeniny celého zevního kotníku. Linie lomu je příčná. V oblasti mediálního kotníku dochází k šikmé až vertikální zlomenině. U typu A nedochází k ruptuře deltového vazy a poranění syndezmózy.

2. typ B – zlomenina fibuly v úrovni syndezmózy. Na fibule je šikmá, v úrovni syndezmózy začínající zlomenina, která směřuje proximálně a dorzálně a její délka je variabilní. Podle stupně vyvolávajícího násilí dostáváme různé kombinace poranění. Mediálně je příčně rozlomen vnitřní kotník nebo nastává ruptura deltového vazy. Může být odlomena zadní hrana tibie, mezikostní membrána je intaktní. *Ligamentum tibiofibulare anterius* je poraněno asi v polovině případů a četnost postižení stoupá s umístěním linie lomu proximálněji. Dorzální úlomek je dislokován proximálně a dorzálně se zkrácením fibuly, a to tahem *ligamentum tibiofibulare posterius*. Zlomeniny typu B odpovídají supinačně-everzním zlomeninám podle Lauge-Hansenovy klasifikace.



Obr. 11. Maissonneuvova zlomenina, AP projekce: a – RTG hlezna, b – RTG proximálního bérce.

3. typ C – zlomeniny fibuly nad úrovní syndezmózy. V Lauge-Hansenově klasifikaci náleží tomuto typu pronačně-abdukční a pronačně-everzní poranění. Jedná se o příčnou či šikmou zlomeninu fibuly v různé výši nad syndezmózou s porušením mezikostní membrány a tibiofibulárních vazů. Na mediální straně je ruptura deltového vazů či příčná zlomenina kotníku. Do této skupiny náleží také Maissonneuvova zlomenina (obrázek 11), kdy lomná linie na fibule probíhá v její proximální části [13,18].

AO klasifikační schéma zlomenin hlezna. Tato klasifikace vznikla v roce 1987, převzala a dále rozpracovala principy Weberovy klasifikace. Jejím principem je trichotomická struktura dělení na principu morfologických charakteristik zlomenin.

V současnosti je patrná zvýšená pozornost používání CT vyšetření ke zlepšení popisu úrazového stavu kominutivních a intraartikulárních zlomenin, což se bude dále stále více projevovat i ve vlivu na modifikace a upřesňování jednotlivých klasifikací. Tato cesta může být pozitivní v řešení a odstraňování dílčích problémů a nedostatků jednotlivých klasifikací, které jsou v historickém kontextu patrné.

4. Anatomické poznámky

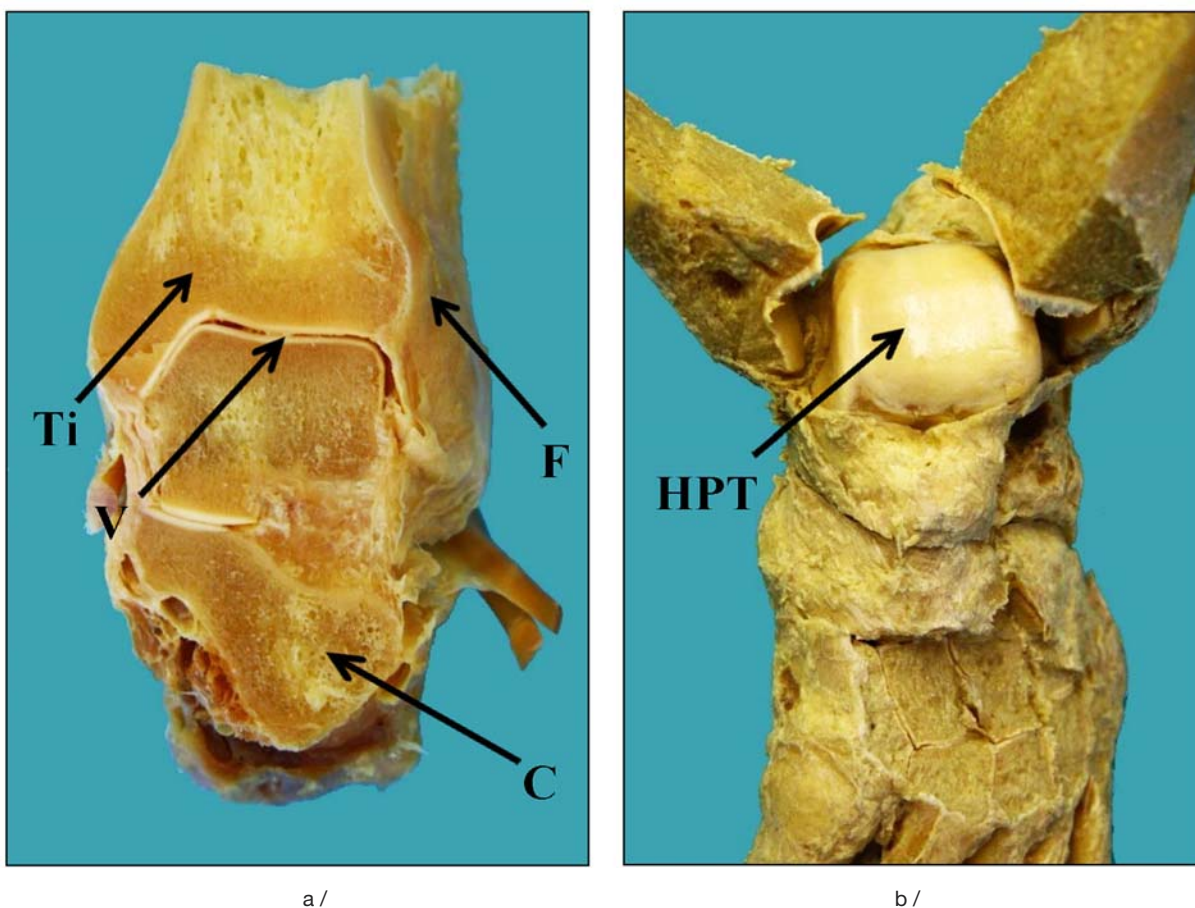
4.1. Anatomie hlezna

Hlezenní kloub je složený kladkový kloub, na jehož stavbě se podílí distální konec tibie, fibuly a trochlea talu. Spolu s ostatními klouby nohy, zejména kloubem subtalárním, Chopartovým a Lisfrankovým hrají jednotlivé kosti a ligamentózní aparát hlezna důležitou a neoddělitelnou roli ve statickém i dynamickém přenosu hmotnosti těla z dolní končetiny na podložku. Na stabilitě hlezenního kloubu se podílí konfigurace kostních struktur, integrita ligamentózního aparátu a aktivní tonus svalů, které mají úzký vztah ke všem typům pohybů v hleznu.

Podrobná anatomie hlezna je všeobecně známa z literatury [21,36,53,114,126]. Bartoníček ve svých pracích [11,17,21] představil detailní popis oblasti syndezmózy a vazů hlezna. Oblast tibiofibulárního spojení hraje při ošetřování zlomenin jednu z klíčových úloh. Hloubka syndezmózy je variabilní a u mělké varianty může snadněji dojít k dislokaci distální fibuly, která je v incisurě fixována třemi vazy. Golanó a spol. se věnovali velmi podrobnému popisu vazů hlezna, kde je sledován jejich charakter, směr, úpony a rozměry [53]. V pracích Hrazdíry a spol. a Franka a spol. nalézáme studie vazů i z mikroskopického a biochemického pohledu [46,65].

Talus tvoří hlavici horního hlezenního kloubu a je zasazen svým tělem do maleolární vidlice (obrázek 12). Je jedinou z kostí nohy, která artikuluje s kostmi bércovými a horní plocha trochley (*facies articularis superior*) má tvar lichoběžníku se širší přední hranou. Tento nepravidelný tvar způsobuje, že plantární flexe nohy je spojena s inverzí talu a dorzální flexe s jeho everzí. Při dorzální flexi pak trochlea roztlačuje oba kotníky od sebe, zároveň je hlezno v této poloze stabilnější než v plantární flexi, kdy jsou ve vidlici možné nepatrné pohyby do stran. Podrobná znalost těchto anatomických detailů je velmi důležitá při ošetřování luxačních zlomenin, neboť ideální kongruence kloubních ploch a dynamická stabilita maleolární vidlice je základní podmínkou správné biomechaniky hlezna [30,55,80].

Kloubní pouzdro je zesíleno systémem vazů, které zajišťují stabilitu kloubu a jejichž napětí je závislé na postavení hlezenního a subtalárního kloubu.



Obr. 12. Anatomie hlezenního kloubu, pitva hlezna: a – frontální řez, b – sagitální řez tibií
(V – vidlice ATC, Ti – tibiie, C – calcaneus, HPT – horní plocha talu, F – fibula).

4.2. Vazy hlezna

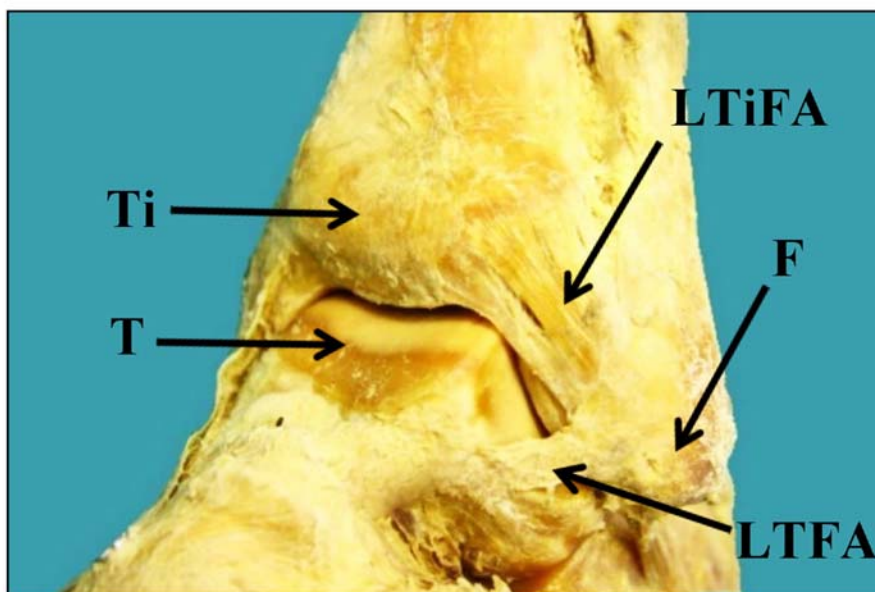
Vazy oblasti hlezenního kloubu jsou rozděleny, v závislosti na anatomické lokalizaci, na tři skupiny: laterální, mediální a oblasti tibiofibulární syndezmózy.

4.2.1. Vazy tibiofibulární syndezmózy

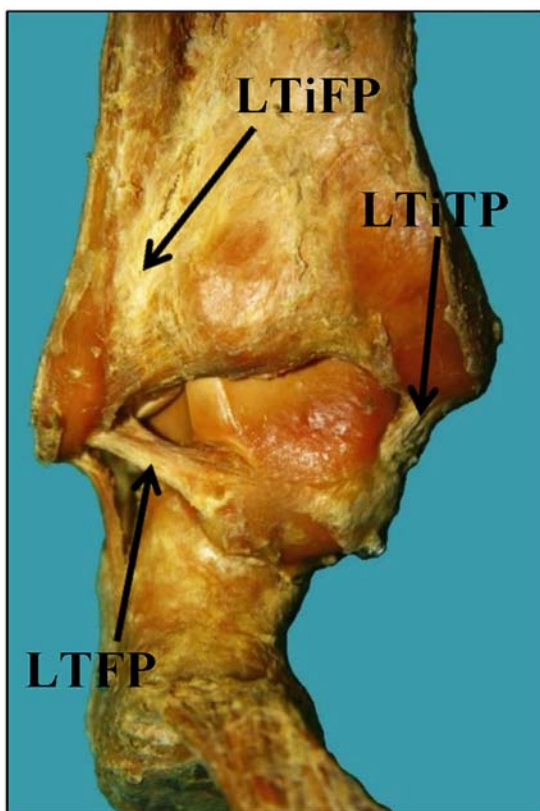
Ligamentum tibiofibulare anterius je mohutný vaz, jenž svými centrálními snopci spojuje Chaputův a Le Fortův hrbol. Makroskopicky se skládá ze tří částí. Začíná asi 5 mm nad kloubním povrchem v oblasti *tuberculum tibiae anterius* a směřuje distálním a laterálním směrem v úhlu asi 30° k horizontální linii, a upíná se na přední část fibuly (*tuberculum fibulae anterius*) [11,53].

Ligamentum tibiofibulare posterius je homogenní a silnější než přední tibiofibulární vaz. Spojuje kostní vyvýšeninu na zadní straně tibiie, která může být odtržena při luxačních zlomeninách (Earlův, či také Volkmannův trojúhelník) s dolní zadní částí fibuly. Údaje o rozměrech se v literatuře různí, někteří udávají délku a výšku až 2 cm a šířku 0,5 cm [34,103,116,146].

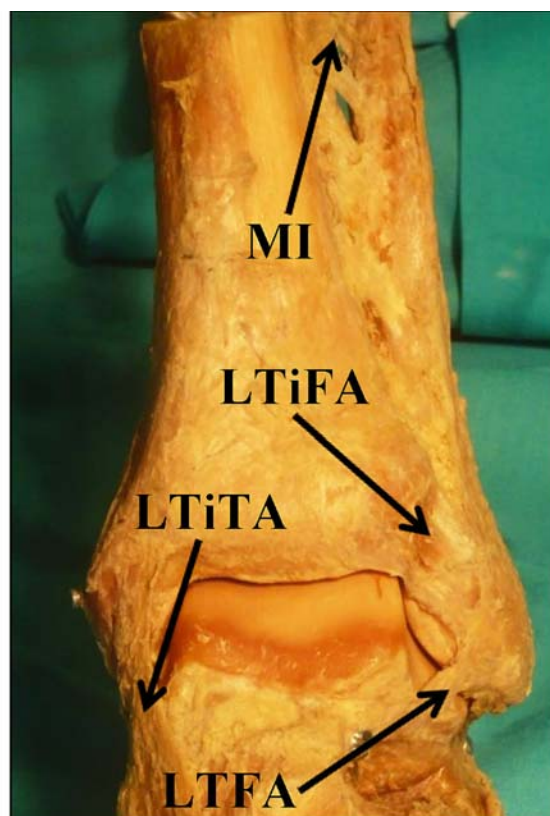
Ligamentum tibiofibulare interosseum je distálním pokračováním interoseální membrány. Distálně přechází interoseální vaz do předního a zadního tibiofibulárního vazu (obrázek 13).



a/



b/



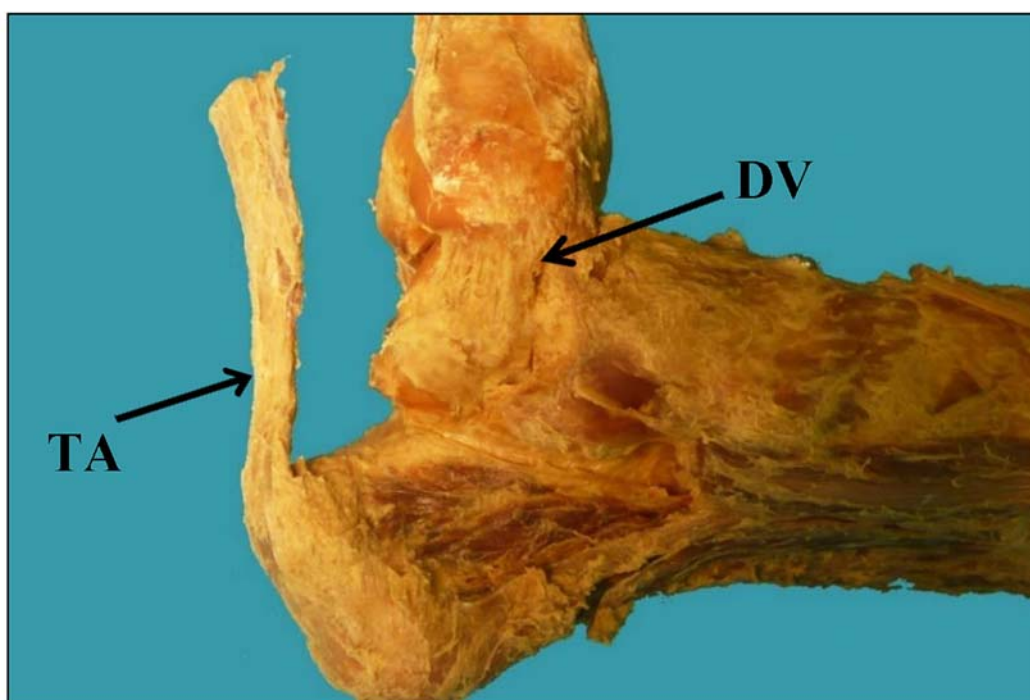
c/

Obr. 13. Oblast syndezmózy a laterální ligamentózní systém, pitva hlezna: a – pohled šikmý v 15° vnitřní rotaci, b – pohled zezadu, c – pohled zepředu (F – fibula, Ti – tibie, T – talus, LTiFP – ligamentum tibiofibulare posterius, LTFP – ligamentum talofibulare posterius, MI – membrana interossea, LTiFA – ligamentum tibiofibulare anterius, LTFA – ligamentum talofibulare anterius, LTiTA – ligamentum tibiotalare anterius).

4.2.2. Mediální systém vazů

Podle tradičního popisu v literatuře má *ligamentum deltoideum* hlubokou a povrchní porci a zahrnuje čtyři vazy: *ligamentum tibiotalare anterius*, *ligamentum tibionaviculare*, *ligamentum tibiocalcaneare*, *ligamentum tibiotalare posterius* (obrázek 14). Hluboká porce deltového vazu je velmi důležitá v souvislosti se stabilitou hlezna, ale její eventuální ošetření je vzhledem k anatomickým poměrům sporné. Je představována krátkými vazivovými snopci mezi tibiálním kotníkem a kladkou talu a zabraňuje posunu v maleolární vidlici [21].

Podle novějších výzkumů je v souladu s problematikou studia stability hlezenního kloubu rozdělen deltový vaz na dvě části. Přední, **tibio-subtalární**, která začíná na předním kolikulu, překračuje štěrbinu hlezenního i subtalárního kloubu a upíná se na os naviculare a kalkaneus. Zadní, **tibio-talární**, začíná na zadním kolikulu, překračuje pouze štěrbinu hlezenního kloubu a upíná se na mediální plochu talu. Zadní část díky své stavbě stabilizuje talus k vnitřnímu kotníku [19]. V literatuře se setkáváme s variabilními anatomickými popisy stavby tohoto významného mediálního ligamentózního systému hlezna [19,53].



Obr. 14. Mediální ligamentózní systém, pitva hlezna (TA – tendo Achillei, DV – deltový vaz).

4.2.3. Laterální systém vazů

zahrnuje: 1. *ligamentum talofibulare anterius*, 2. *ligamentum calcaneofibulare*, 3. *ligamentum talofibulare posterius* (obrázek 13). Mezi nejčastěji poraněné patří **přední talofibulární vaz**, který je důležitým laterálním stabilizátorem hlezna v jeho různých pozicích a zabraňuje abnormálnímu přednímu posunu talu a extrémní plantární flexi v hleznu. Vaz začíná na přední straně laterálního maleolu asi 10 mm proximálně od hrotu fibuly. Jeho asi 6–10 mm široké snopce směřují anteromedálně ke svému úponu na talu. V literatuře nacházíme variabilitu v popisu jeho anatomické stavby a většinou jsou uváděny dvě části, horní a dolní. Při plantární flexi se

horní část napíná a dolní relaxuje a naopak při dorziflexi je napnutá jeho dolní část. Horizontálně probíhající vaz se při dorziflexi mírně stáčí nahoru a při plantiflexi směřuje směrem dolů [53].

Kalkaneofibulární vaz začíná na přední části laterálního maleolu a směřuje dolů a dozadu ke svému úponu na laterální povrch patní kosti. Na svém povrchu je kříženo průběhem fibulárních šlach a jako jediný vaz přemostňuje talokrurální i subtalární kloub.

Zadní talofibulární vaz má začátek na mediálním povrchu laterálního maleolu a směřuje téměř horizontálně ke svému úponu na posterolaterální straně talu (*processus posterior tali*). Je napínán při dorziflexi a relaxován při plantiflexi.

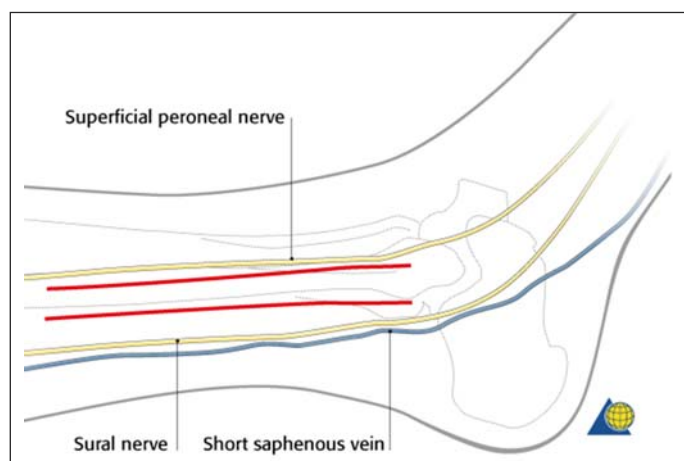
4.3. Svaly, cévy, nervy

Svaly probíhající v oblasti hlezna tvoří čtyři základní svalové skupiny a žádný z nich se přitom neupíná na talus: 1. skupina extensorů, 2. skupina fibulárních svalů, 3. hluboká vrstva flexorů a 4. povrchní vrstva flexorů. Bohatou cévní periartikulární síť hlezenného kloubu tvoří četné větve z hlavních tří tepen přecházejících z bérce na nohu: 1. *arteria tibialis anterior*, 2. *arteria tibialis posterior* a 3. *arteria fibularis*. Topograficky jsou důležité tyto nervy vyskytující se v oblasti hlezna: 1. *nervus tibialis*, 2. *nervus suralis*, 3. *nervus fibularis profundus*, 4. *nervus fibularis superficialis* a 5. *nervus saphenus* [21,36].

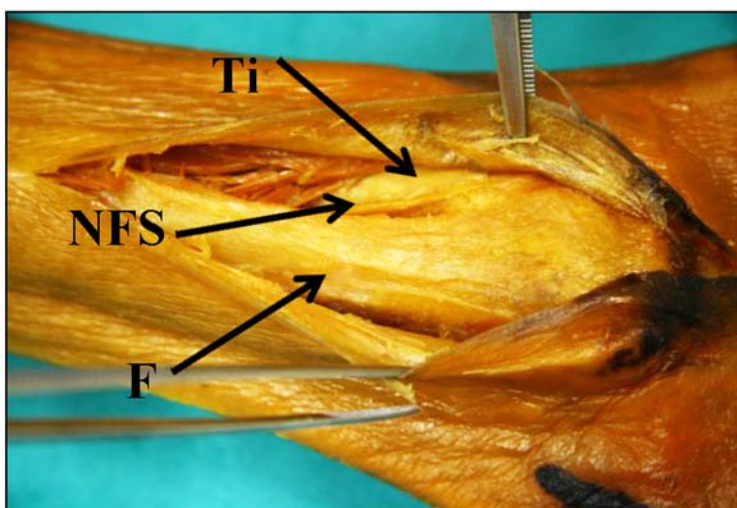
4.4. Anatomické struktury důležité při operačních přístupech

Znalost topografie měkkotkáňových struktur hlezenního kloubu je důležitá při provádění **operačních přístupů u osteosyntéz**. Její podrobný popis je možno nalézt v řadě literárních prací [11,34,103,116,146].

Laterální přístup. Při jeho provádění musí být šetřen *nervus fibularis superficialis*, který leží v přední části přístupu a dorzálně probíhající *nervus suralis*. Po protěti podkoží se postupuje subperiostálně, čímž je šetřeno cévní zásobení. Pozornost musí být dána dorzálně probíhajícím šlachám fibulárních svalů (obrázek 15 a 16).



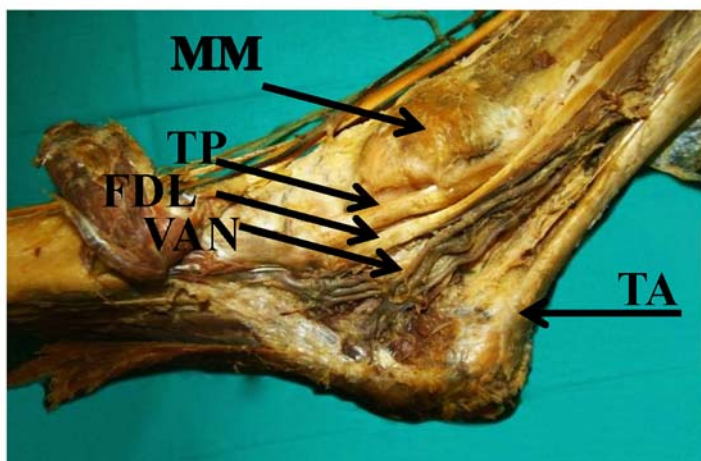
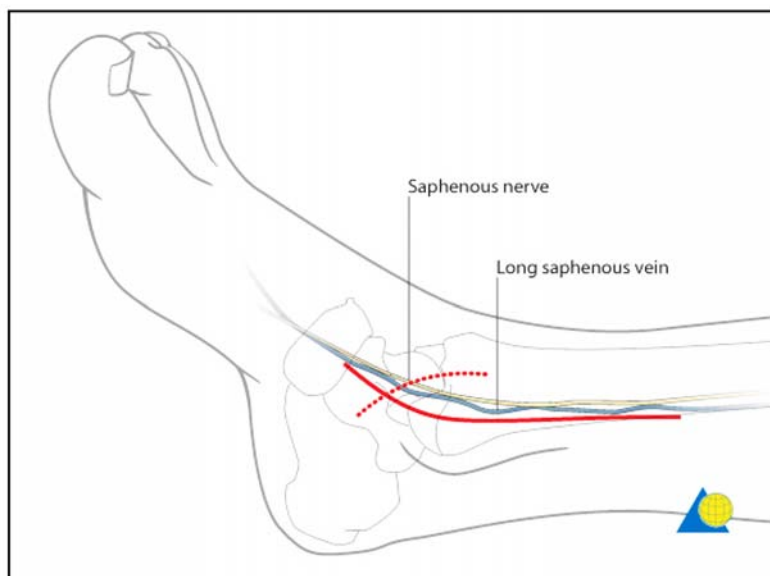
Obr. 15. Schéma laterálního přístupu (převzato z <https://www2.aofoundation.org>).



Obr. 16. Laterální přístup, pitva hlezna (F – fibula, Ti – tibie, NFS – nervus fibularis superficialis).

Mediální přístup. Incize mohou být variabilního směru, a to v korelaci s typem poranění mediálních struktur. Musí zajišťovat dobrý přehled na kostěné, ligamentózní a měkkotkáňové struktury za vnitřním kotníkem. V přední části přístupu nacházíme *vena saphena magna* s průvodným nervem a v oblasti zahnutí za vnitřní kotník pak v dorzální části je patrná šlacha *musculus tibialis posterior* s dalšími důležitými strukturami (obrázek 17–18).

Obr. 17. Schéma mediálního přístupu (převzato z <https://www2.aofoundation.org>).



Obr. 18. Struktury za mediálním kotníkem, pitva hlezna (MM – mediální maleolus, TP – musculus tibialis posterior, FDL – musculus flexor digitorum longus, VAN – žíla, tepna a nerv, TA – tendo Achillei).

Tyto základní přístupy lze modifikovat prodloužením řezu distálně či proximálně podle typu zlomeniny tak, abychom exaktně mohli ošetřit všechna poranění kostní i vazivová.

V indikovaných případech připadá v úvahu využití **posterolaterálního či posteromediálního přístupu**, které umožňují dobrý přístup k zadní části tibie a možnost adekvátní stabilizace zlomenin zadní hrany. Všechny přístupy vyžadují dobrou znalost anatomie oblasti hlezna, aby bylo vyloučeno poranění nervové cévních struktur a ostatních měkkých tkání [1,31,86].

4.5. Rozsah pohybů v oblasti hlezenního kloubu

Dorzální a plantární flexe je pohyb talu v kраниокаудálním směru kolem příčné osy probíhající středem talu. Rozsah tohoto pohybu v sagitální rovině je asi 50–60°. Dorziflexe tvoří 15–20° a plantiflexe 30–40°. Je-li pravoúhlé postavení v hlezenním kloubu, pak úhel mezi podélnou osou tibie a dlouhou osou talu je přibližně 100°. Údaje se v pracích různých autorů mírně odlišují [30,80]. Addukce a abdukce je mediální a laterální pohyb talu kolem jeho podélné osy ve frontální rovině. Supinace a pronace je obvykle popisována jako komplexní pohyb zahrnující hlezno i nohu. Supinace zahrnuje inverzi v subtalárním kloubu, addukci v tibiotalárním kloubu a vnitřní rotaci nohy. Pronace zahrnuje everzi v subtalárním kloubu, abdukci v tibiotalárním kloubu a zevní rotaci nohy. Everze a inverze představuje mediální a laterální rotaci paty v šikmé ose probíhající subtalárním kloubem.

Při plantární flexi napjaté *ligamentum tibiofibulare anterius* táhne fibulu vpřed, distálně a do vnitřní rotace. Dochází k zúžení tibiofibulární vidlice. Naopak při dorzální flexi je tažena fibula dorzálně a mírně proximálně tahem *ligamentum tibiofibulare posterius* a dochází k její zevní rotaci. Anatomicky zde hraje roli lichoběžníkový tvar horní části talu, jenž je vpředu širší a tím při dorziflexi dojde k rozšíření vidlice.

Tyto anatomické a biomechanické aspekty je třeba respektovat při osteosyntézách hlezna. Hlezenní kloub je vystaven velkým silám, kdy při chůzi je popisován 1,5krát větší tlak na kloubní plochy, než je hmotnost lidského těla. Při fyzických aktivitách je uváděn dokonce 5,2krát větší tlak [141]. Udržení kongruence kloubu je základním předpokladem k dobré dlouhodobé funkci. Na četných studiích (i kadaverózních) se ukazuje, že posun talu v tibiofibulární vidlici laterálně o 1 mm zmenšuje kontaktní povrch tibiotalární o 42 % a posun o 2 mm dokonce o 49 % [140]. Zmenšení povrchu a zároveň zvýšení tlaku vede k abnormálním distribucím tlaků na kloubní ploše, což způsobuje vznik předčasných poúrazových artrotických změn.

4.6. Závěr

V této části práce jsou při pitvě struktur hlezenního kloubu probrány v literatuře popisované topografické vztahy oblasti hlezenního kloubu. Je zdůrazněna důležitost podrobné znalosti anatomie při provádění chirurgických přístupů u osteosyntéz zlomenin oblasti hlezna. Možné omyly mohou vézt k poraněním důležitých struktur s vážnými pooperačními následky.

5. Klinické poznámky

5.1. Diagnostika zlomenin hlezna

Součástí **anamnézy** je zjištění mechanismu úrazu, které nám může pomoci při odlišení pronačního a supinačního poranění. Významně může ovlivnit způsob léčby odlišení přímého či nepřímého mechanismu vzniku zlomeniny fibuly.

Klinickým vyšetřením se zjišťuje deformita hlezna, otok, hematom, buly, vitalita kožního krytu. V oblasti hlezna je vrstva měkkých tkání tenká, proto dislokované úlomky mohou svojí prominencí napínat kůži a snadno pak může dojít k poruchám prokrvení, velkým otokům a tvorbě bul. Není-li zlomenina včas reponována, může dojít v krátkém časovém intervalu ke kožní nekróze, která komplikuje jednak způsob dalšího léčení v akutní fázi a jednak negativně i konečné funkční výsledky.

RTG vyšetření. Je prováděn základní standardní předozadní (anteroposteriorní, AP) a boční snímek, doplněný tzv. šikmou projekcí ve vnitřní rotaci nohy kolem 15°, čímž se dostane bima-leolární linie do horizontály. Tímto způsobem se zobrazí laterální talofibulární štěrbinu na RTG jako symetrické projasnění pokračující plynule do oblasti tibiofibulární štěrbinu a vnitřního volného prostoru mezi talem a laterální částí vnitřního kotníku. Při základní předozadní projekci není, vzhledem k postavení zevního kotníku, laterální linie patrna v celém rozsahu a dochází k překrytí stínu fibuly a zadní svislé hrany tibie v oblasti syndezmózy (obrázek 19).



a/

b/

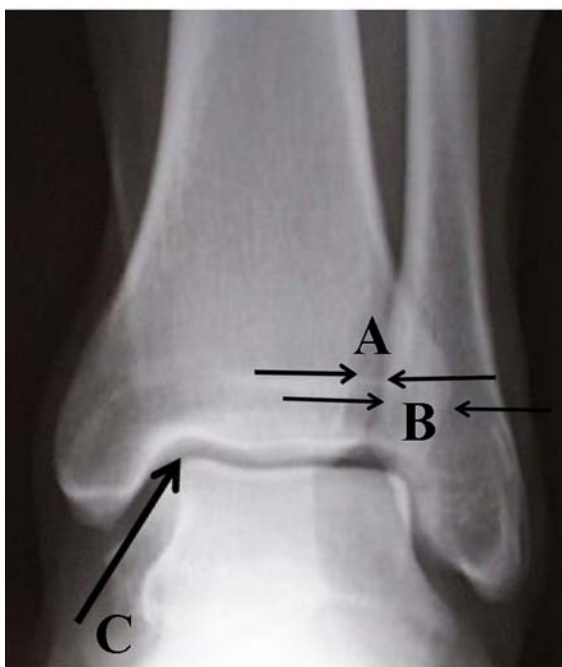
c/

Obr. 19. RTG projekce na hlezenní kloub: a – předozadní, b – šikmá ve vnitřní rotaci, c – boční.

Na předoperačním snímku je hodnocen tibiofibulární volný prostor mezi laterálním okrajem zadního hrbolku tibie a mediálním okrajem fibuly (méně než 5–6 mm) a tibiofibulární překrytí, kde je měřena vzdálenost od mediálního okraje fibuly k laterálnímu okraji předního hrbolku tibie (více než 6 mm nebo více než 42 % ze šíře fibuly (obrázek 20).

Další dva parametry jsou horní (mezi horní plochou talu a dolní kloubní plochou tibie) a mediální volný prostor (mezi mediální plochou talu a vnitřním kotníkem). V literatuře je uváděno, že mediální a horní prostor by měly být symetrické na předozadním snímku a na snímku v 15° vnitřní rotaci („*mortise view*“) by neměl být vnitřní prostor větší než 4 mm. V opačném případě je podezření na poranění v oblasti syndezmózy nebo postranních stabilizačních struktur hlezna [7,141].

Tato hodnocení RTG snímků mají podle našich zkušeností svá omezení, protože pozice hlezna při RTG ovlivňuje předoperační měření a nelze se na ni exaktně spolehnout u hodnocení integrity syndezmózy z úrazového RTG.



Obr. 20. Hodnocení distancí na RTG hlezna
(A – tibiofibulární volný prostor,
B – tibiofibulární překrytí,
C – tibiotalární kloub – horní a mediální volný prostor).

CT vyšetření. Provádí se v indikovaných případech, ke kterým patří hlavně posouzení stability tibiofibulární vidlice (širší syndezmóza, nepravidelná vidlice talokrurálního kloubu, valgózní postavení talu, zlomeniny zadní hrany tibie). Zpracování CT obrazů dvojrozměrnou a trojrozměrnou rekonstrukcí umožňuje prostorové zobrazení dislokovaných kostních fragmentů, nepřímě podává obraz i o stavu ligamentózního aparátu hlezna a je nedílnou součástí předoperačního plánování [19,141].

Magnetická rezonance. Vyšetření má své místo při hodnocení stavu měkkých tkání (vazivový aparát), přetrvávajících poúrazových obtížích, pro diagnostiku skrytých lézí (např. chondrální defekty, komplikovaná poranění vazů) a před revizními výkony na hleznu.

Artroskopie. Artroskopické vyšetření nepatří do základního akutního vyšetřovacího algoritmu zlomenin hlezna. Dává obraz o stavu kloubních ploch hlezenního kloubu, možných defektech chrupavky a fibrotických změnách na kloubu.

Angiografie. CT angiografické vyšetření je prováděno v případech podezření na postižení cévních struktur.

5.2. Léčení zlomenin hlezna

Léčení luxačních zlomenin hlezna je komplexní a jeho cílem je obnovení biomechanické stability kloubu s maximálním rozsahem pohybu.

Zásadním bodem pro rozhodnutí o konzervativní či operační léčbě je stabilita hlezenního kloubu, která je zajišťována stavem jednotlivých struktur po celém jeho obvodu. Týká se to mediálních struktur (vnitřní kotník a deltový vaz), laterálních struktur (distální fibula a systém laterálních vazů) a oblasti tibiofibulární syndezmózy [14,56]. Stabilní nedislokované zlomeniny lze úspěšně léčit konzervativně, nestabilní jsou indikovány k osteosyntéze. V klinické praxi jsou podle AO klasifikace zlomeniny typu A a B1 označovány jako stabilní a zlomeniny B2, B3 a C typu jako nestabilní.

5.2.1. Konzervativní a operační léčba

Je-li indikována konzervativní léčba, přikládá se sádrová fixace a pokud je to nutné, provádí se co nejčasnější repozice. Je třeba připomenout úlohu urgentní bezprostřední repozice v případech těžkých dislokací se známkami postupující ischemie z útlaku cév, a to ještě před provedením RTG a dalších vyšetření, aby se zmírnil vznik lokální ischemie z tlaku dislokovaných úlomků. Důležitá je observace lokálního stavu, RTG kontrolní vyšetření, prevence tromboembolické choroby, následná rehabilitační léčba.

Operační léčba („*open reduction and internal fixation*“ – ORIF) představuje komplexní problematiku zahrnující odpovídající ošetření jednotlivých struktur kostních a ligamentózních.

5.2.2. Načasování operace

Problémovou oblastí v indikaci operační léčby je stav měkkých tkání (otok, hematoma, buly) v okolí hlezna a načasování operace (obrázek 21). Tyto faktory mohou ovlivnit průběh operačního výkonu (nutnost volit jiné přístupy, nemožnost provedení sutury rány bez napětí), pooperační období (vznik časných infekcí povrchových i hlubokých, vznik nekrotizujících okrajů ran s jejich prodlouženým hojením) a konečně i dlouhodobý funkční výsledek [28,62,63,71,113,125,147].



a /



b /

Obr. 21. Stav měkkých tkání znemožňující provedení ORIF: a – laterální pohled, b – mediální pohled.

Cílem by mělo být provedení časně osteosyntézy, pokud stav měkkých tkání dovolí. V případě nutnosti odložit z lokálního důvodu definitivní operační řešení nestabilní zlomeniny, zajišťuje v indikovaných případech transfixace hlezna nebo přemostující zevní fixatér dočasnou stabilizaci (obrázky 22–23), abychom mohli bez následků pravidelně ošetřovat a kontrolovat poškozené měkké tkáně oblasti hlezna [95,101,120].



a /



b /

Obr. 22. Transfixace zlomeniny hlezna K. dráty: a – AP projekce, b – boční projekce.



a /



b /

Obr. 23. Zevní fixace zlomeniny hlezna: a – AP projekce, b – boční projekce.

Při transfixaci používáme paralelní zavedení dvou Kirschnerových drátů do dřevěné dutiny tibie přes kalkaneus a talus. Větší četnost Kirschnerových drátů (dále K. dráty) nepovažujeme pro zlepšení stability za důležitou. Někdy kritizované následky poškození chrupavky provedenou transfixací jsou diskutované, ale při volbě správného rozměru drátů, jejich počtu, směru a způsobu zavedení nejsou popisovány závažné komplikace, vedoucí k degenerativním změnám.

5.2.3. Definitivní operační výkon

Cílem provedení osteosyntézy zlomeniny v oblasti hlezna je anatomická repozice jednotlivých fragmentů a obnovení fyziologických poměrů v talokrurálním kloubu (pravidelná tibiofibulární vidlice) tak, aby byly vytvořeny podmínky pro časnou rehabilitaci a dobrý funkční výsledek. Operace je prováděna v celkové nebo svodné anestezii.

5.2.4. Technika ošetření jednotlivých struktur hlezna

Mediální strana. Metodou volby u zlomeniny vnitřního kotníku je osteosyntéza dvěma spongiózními šrouby nebo použitím šroubu a K. drátu. Je-li vnitřní kotník rozlomen na více drobnějších fragmentů, lze použít různé typy cerkláží. V případě ruptury deltového vazy můžeme provést suturu nebo je-li po osteosyntéze fibuly tibiofibulární vidlice pravidelná, ponechat mediální struktury bez operační revize (obrázek 24).



Obr. 24. RTG snímky různých typů osteosyntézy zlomenin vnitřního kotníku a distálního konce fibuly.

Laterální strana. Při ošetření fibuly je rozhodující typ zlomeniny. Zásadní je požadavek na exaktní obnovení délky, tvaru a umístění fibuly v syndezmóze. Podle typu linie lomu lze použít většinou cerkláž, tahové šrouby nebo neutralizační dlahu (obrázek 24).

Zadní hrana tibie. Repozice a osteosyntéza je indikována v případech odlomeného fragmentu více než 20–30 % z kloubní plochy tibie, porušení kontinuity kloubní plochy nebo dislokace odlomeného fragmentu. V současné době je nenahraditelná role CT při posouzení patologie v oblasti zadní hrany [19]. Osteosyntéza je provedena většinou tahovými šrouby, zavedenými z předního či zadních přístupů (posteromediální, posterolaterální), lze využít i dlahovou osteosyntézu (obrázky 25–26).



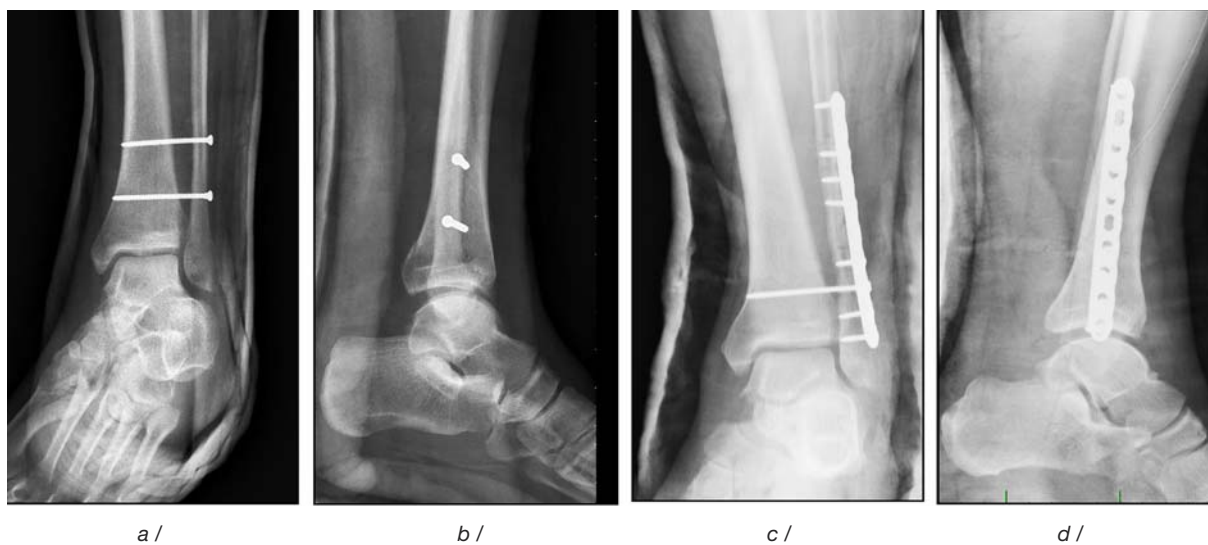
Obr. 25. RTG snímky osteosyntézy zlomeniny zadní hrany (šrouby zavedeny zezadu).



Obr. 26. RTG snímky osteosyntézy zlomeniny zadní hrany (šroub zaveden zepředu).

Ošetření syndezmózy spočívá v její repozici a stabilizaci suprasyndezmálně zavedeným šroubem, který je zaveden jako vymezení a brání předozadní translaci, kraniálnímu a laterálnímu posunu fibuly. Prochází přes tři nebo čtyři kortikalis a má odpovídat svým průběhem bimaleolární linii. Je zaveden buď přímo přes fibulu, či přes třetinovou žlábkovou dlahu přiloženou na laterální stranu fibuly (obrázek 27). Jeho odstranění je provedeno většinou za 6–8 týdnů, před plnou rehabilitací a zátěží [17,142].

U zlomeniny fibuly v proximální části (Maissonneuvova zlomenina) používáme pro stabilizaci poměrů v oblasti syndezmózy dvou suprasyndezmálních šroubů.



Obr. 27. RTG hlezna po osteosyntéze s použitím suprasyndezmálních šroubů:

a,b – dva suprasyndezmální šrouby u Maissonneuvovy zlomeniny, c,d – suprasyndezmální šroub zavedený přes dlahu.

Implantáty. Standardně jsou používány konvenční 3,5 mm šrouby a dlahy, v literatuře je prezentováno použití i biomateriálů [26,60] a LCP implantátů [83].

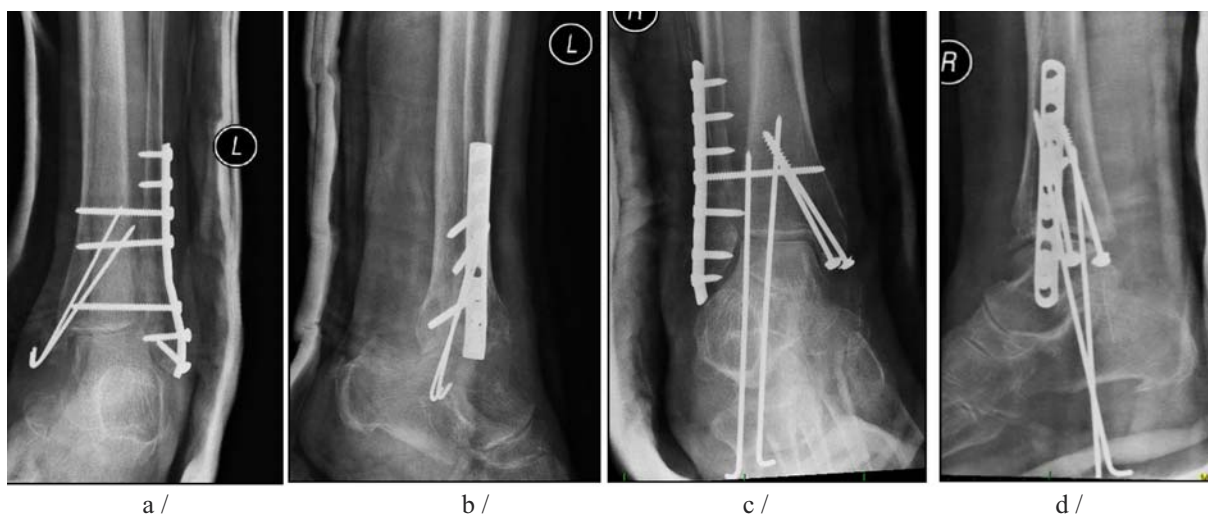
5.2.5. Specifické situace a odlišné terapeutické postupy

Standardní postupy patří mezi základní podmínky dobrého výsledku léčby. Ve vztahu k morfologii zlomenin a způsobu operační léčby jsou však **situace, které někdy vyžadují specifický přístup.**

Úrazy u starší populace a osteoporóza. Autoři se shodují v názoru, že ORIF zlomenin hlezna u starších pacientů přináší zvýšené riziko v souvislosti s osteoporózou, diabetes mellitus, horšími podmínkami kožního krytu i prokrvení tkání a koexistencí patologických stavů interních stavů [5,93,122,131,132,143,154]. Strauss a spol. uvedli jako riziko také ženské pohlaví [132].

V literatuře jsou patrné kontroverzní názory na léčbu starších pacientů s osteoporózou a je vhodné postupovat individuálně. Někteří autoři preferují konzervativní postup u starší populace,

ale jsou pak uváděny současné komplikace v retenci a hojení úlomků a horším funkčním výsledku. Všeobecně je prezentováno vyšší procento pooperačních komplikací u starších pacientů [122,131]. Z důvodu horší retence implantátů v osteoporotické kosti v úvahu připadá použití LCP dlahy, stabilizace syndezmózy několika šrouby, augmentace cementem [132] nebo připojení přídatné dočasné transfixace K. dráty (obrázek 28).



Obr. 28. RTG hlezna po osteosyntéze u pacientů s osteoporózou: a,b – stabilizace syndezmózy několika šrouby (žena, 75 let), c,d – přídatná transfixace talokrurálního kloubu (žena, 78 let).

Obezita a BMI („body mass index“). Mnoho autorů uvedlo ve svých sděleních, že obézní pacienti měli závažnější poranění, vyšší riziko perioperačních komplikací a horší funkční výsledky než pacienti s nižším BMI [26,68,69,84,133]. U obézních pacientů bývá někdy doporučeno použití pevnějších materiálů pro vnitřní fixaci a prodloužení intervalu nezatěžování končetiny v pooperačním období [68]. Jinak by měli mít standardní léčebný protokol jako normální populace, a to i přes všeobecně uznávaná vyšší perioperační rizika, která však v léčbě nelze podceňovat.

Vliv přítomnosti **diabetes mellitus** je u většiny autorů spojen všeobecně s rizikem častějších pooperačních komplikací [49,99,150,151], ale není kontraindikací k provedení osteosyntézy při správné předoperační přípravě a jeho kompenzaci.

Otevřené zlomeniny. Jejich výskyt není častý, ale vyžadují specifický přístup v diagnostice, ošetření a uvědomění si rizika pooperačních komplikací. Kromě adekvátního chirurgického ošetření je důležitá léčba antibiotiky, zvýšený dohled na pooperační stav rány a léčba možných komplikací [33].

Ostatní. Individuální přístup je nutný u pacientů se závažnými **interními komorbiditami** a špatným **stavem měkkých tkání** kolem hlezenního kloubu. Důležitá je problematika zlomenin hlezna v rámci **polytraumatu**, kdy při prioritním ošetření život ohrožujících poranění nesmí být opomenuty standardní postupy při vyšetření a ošetření zlomenin hlezna. Jejich nerespektování může vézt později k závažným následkům.

5.3. Závěr

Klinické poznámky jsou koncipovány jako souhrn obecných poznatků získaných z literárních zdrojů a zkušeností při ošetřování těchto zlomenin na Ortopedicko-traumatologické klinice 3. LF UK a FNKV.

V terapeutickém přístupu je patrna variabilita odpovídající pestrosti stavby vazivového a kostního aparátu hlezna. Důležitost musí být kladena na správné zařazení do klasifikačního schématu, stanovení typu ošetření, pečlivé provádění chirurgických přístupů a exaktní repozici a stabilizaci struktur hlezna. Je třeba pamatovat také na možné specifické situace, které vyžadují často odlišná řešení.

6. Analýza vlastního klinického souboru

6.1. Charakteristika souboru

V průběhu sledovaných čtyř let (2009–2012) bylo na našem pracovišti operováno 398 pacientů se zlomeninou hlezna. Jednalo se o dospělé pacienty, spodní hranicí byl věk dosažených 18 let. Do souboru nebyli zařazeni pacienti se zlomeninami zasahujícími do pilonu tibie nebo hraniční stavy mezi těmito diagnózami.

Rozbor základních epidemiologických, morfologických a klinických ukazatelů byl proveden u celého souboru 398 pacientů s chirurgicky léčenou zlomeninou hlezna. Hodnocení subjektivního a objektivního stavu po jednom roce od operace bylo provedeno u 358 pacientů. Ve 40 případech (10 %) z původního celého souboru se nepodařilo toto kontrolní vyšetření provést, a to z důvodu předání pacienta k další léčbě na spádové pracoviště, změny bydliště nebo nedostavení se na kontrolní vyšetření. Z těchto nezkontrolovaných bylo 6 pacientů (15 %) s typem A, 23 pacientů (57,5 %) s typem B a 11 pacientů (27,5 %) s typem C podle Weberovy klasifikace. Nevyskytl se pacient s izolovanou zlomeninou vnitřního kotníku.

6.2. Metodika

Údaje byly získány ze zdravotnické dokumentace a retrospektivně vyhodnoceny. Zlomeniny byly primárně klasifikovány podle Weberovy, Lauge-Hansenovy a AO klasifikace. Pro další podrobnější hodnocení a srovnávání jednotlivých sledovaných parametrů byla použita Weberova klasifikace. Jelikož izolované zlomeniny vnitřního kotníku nejsou podle této klasifikace hodnoceny, byly vyčleněny jako samostatná skupina. Kromě epidemiologických údajů (věk, pohlaví, příčina a závažnost úrazu), byla sledována morfologie zlomeniny podle Weberovy klasifikace (charakter mediální a laterální léze, odlomení zadní hrany, stav syndezmózy) a vztahy mezi různými typy poranění struktur hlezna. Dále byl zhodnocen způsob chirurgického ošetření jednotlivých struktur, výsledky léčby po jednom roce a pooperační komplikace časně a pozdní.

Bylo provedeno hodnocení RTG snímků úrazových, pooperačních a kontrolních v jednom roce po operaci. Měřené parametry, týkající se morfologie linií lomu (délka, kominuce, topografie a dislokace poraněných struktur hlezna) byly získány využitím programu xViewer, verze 2.7.1.

Hodnocení po jednom roce bylo provedeno formou klinického vyšetření, kontrolního RTG snímku a vyplněním dotazníku s hodnocením podle **Oleruda a Molandera (OMA)** [106].

V **oblasti vnitřního kotníku** jsme rozdělili poškození struktur do pěti skupin: 1. zlomenina vnitřního kotníku, 2. léze deltového vazy, 3. kombinovaná léze (zlomenina předního kolikulu vnitřního kotníku a léze deltového vazy), 4. případy, kdy klinickým vyšetřením nešlo určit, zda mediální vaz byl poškozen či nikoliv a 5. případy, kdy jsme podle klinického vyšetření mohli předpokládat, že se nejednalo o žádné poranění mediálních struktur (nepřítomnost bolestivosti a hematomu, pravidelná vidlice talokrurálního kloubu na RTG snímku).

Délka lomné linie na fibule byla rozdělena na dlouhou (nad 3,5 cm) a krátkou (rovno nebo méně než 3,5 cm).

Velikost odlomené zadní hrany tibie byla rozdělena na skupiny do 20 %, 20–50 % a skupinu nad 50 % kloubního povrchu. Měření bylo provedeno v programu xViewer v boční projekci úrazového snímku hlezna. V individuálních případech bylo měření provedeno až po repozici, jelikož z boční projekce při hrubé dislokaci fragmentů nebylo možno exaktně změřit velikost odlomené kloubní plochy fragmentu zadní hrany.

Pro potřeby hodnocení **závažnosti rozsahu dislokace fragmentů na úrazovém RTG snímku** hlezna byl soubor rozdělen na dvě skupiny. Do skupiny velkých dislokací byly zařazeny ty, u kterých byla na předozadní nebo boční RTG projekci dislokace talu z vidlice talokrurálního kloubu (articulatio talocruralis, dále ATC) větší než 10 mm (obrázek 29).

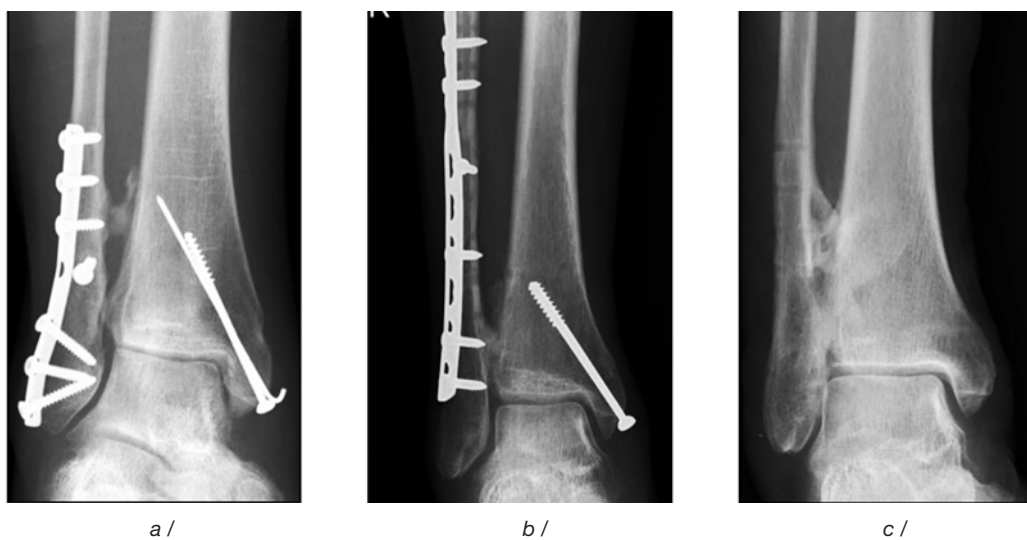


Obr. 29. Dislokace na úrazovém RTG snímku: a,b – velká, c,d – malá.

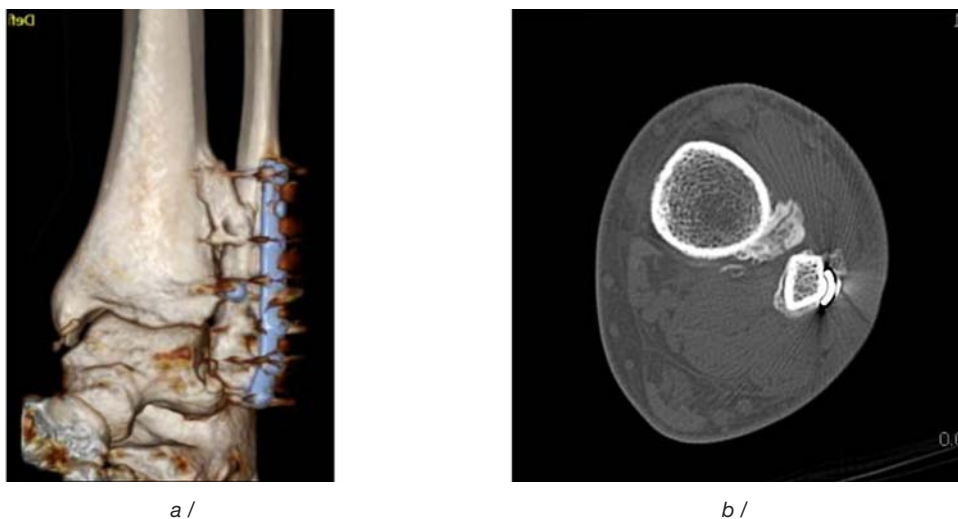
Synostózy byly označeny jako nekompletní (nepřemostující) nebo kompletní kostní formace (přehled a jejich lokalizace na obrázcích 30–32).



Obr. 30. Lokalizace nekompletních kostních formací: a – fibulárně, b – tibiálně, c – v interoseální membráně.



Obr. 31. Lokalizace kompletních synostóz: a – nad syndezmózou, b – v syndezmóze, c – nad i v oblasti syndezmóz/.



Obr. 32. CT obrázky synostóz: a - 3D rekonstrukce, b - 2D rekonstrukce.

Pro **hodnocení degenerativních změn** hlezenního kloubu bylo použito schéma prezentované v práci Oleruda a Molandera a nálezy byly rozděleny na čtyři stupně. První stupeň byl charakterizován ztrátou kloubního prostoru talokrurálního kloubu do 50 %, druhý stupeň představoval ztrátu nad 50 % bez kostního kontaktu. Třetí stupeň znamenal kostní kontakt v hlezenním kloubu a čtvrtý stupeň znamenal ztrátu kostní tkáně [106].

Statistické zhodnocení. Kategorická data byla hodnocena deskriptivními statistickými metodami, u binárních dat byla použita logistická regrese. Zpracování bylo provedeno využitím statistického a analytického softwaru STATA 13.1.

6.3. Epidemiologické aspekty zlomenin hlezna

6.3.1. Počet pacientů a pohlaví

Celý soubor 398 pacientů operovaných pro zlomeninu hlezna zahrnoval 194 mužů (48,7 %) a 204 žen (51,3 %). Počet pacientů v jednotlivých letech a procentuální zastoupení je patrné v tabulce 1.

	Roky				Celkem
	2009	2010	2011	2012	
Muži	47 (51,1 %)	54 (45,4 %)	48 (51,1 %)	45 (48,4 %)	194 (48,7 %)
Ženy	45 (48,9 %)	65 (54,6 %)	46 (48,9 %)	48 (51,6 %)	204 (51,3 %)
Celkem	92 (100 %)	119 (100 %)	94 (100 %)	93 (100 %)	398 (100 %)

Tab. 1. Přehled sledovaného souboru pacientů rozdělený podle věku a pohlaví.

6.3.2. Lateralita

Při hodnocení laterality u mužů, žen i u celkového počtu bez rozdílu pohlaví převažovalo postižení pravostranných končetin (214 pacientů, 53,8 %) oproti levostranným (184 pacientů, 46,2 %).

6.3.3. Otevřené zlomeniny

Otevřenou zlomeninu hlezna utrpělo celkem 15 pacientů, což bylo 3,8 % z celkového počtu všech operovaných pacientů. Jednalo se o 10 mužů a 5 žen. Podle Weberovy klasifikace bylo nalezeno 7 pacientů s typem B, 5 pacientů s typem C, dva pacienti s typem A. Zařazen sem byl také jeden pacient s izolovanou zlomeninou vnitřního kotníku. Ve výsledcích byla naznačena dvojnásobná frekvence zastoupení otevřených zlomenin u mužů, ale nejednalo se o signifikantní rozdíl ($p = 0,273$), což souviselo s malým počtem pacientů v souboru.

6.3.4. Věkové složení souboru

Průměrný věk všech pacientů celého souboru byl 49,3 let. Průměrný věk mužů činil 41,8 let a průměrný věk žen 56,4 let, což bylo statisticky signifikantní ($p < 0,001$).

V tabulce 2 je ukázáno věkové rozložení pacientů celého souboru podle decenií. Muži dominovali ve 3. a 4. decenniu a ženy v 6. a 7. decenniu. Nejmladší pacienti v souboru měli 18 let a nejstarší pacient měl 90 let.

	≤ 20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90
Muži	12 (6,2 %)	41 (21,1 %)	59 (30,4 %)	25 (12,9 %)	31 (15,9 %)	16 (8,3%)	7 (3,6 %)	3 (1,6 %)
Ženy	4 (1,9 %)	14 (6,9 %)	24 (11,8 %)	22 (10,8 %)	42 (20,6 %)	56 (27,5 %)	33 (16,2 %)	9 (4,4 %)
Celkem	16 (4,0 %)	55 (13,8 %)	83 (20,9 %)	47 (11,8 %)	73 (18,3 %)	72 (18,1 %)	40 (10,1 %)	12 (3,1 %)

Tab. 2. Přehled sledovaného souboru pacientů podle decenií a pohlaví.

6.3.5. Hodnocení souboru podle OMA skóre

Při použití Olerudova-Molanderova skórovacího systému bylo u 358 kontrolovaných pacientů zjištěno 218 výborných (60,9 %), 103 dobrých (28,8 %), 34 uspokojivých (9,5 %) a tři špatné výsledky (0,8 %). Muži měli OMA signifikantně vyšší (90,1) než ženy (86,7) ($p = 0,044$) a s rostoucím věkem signifikantně klesalo ($p < 0,001$). Podrobné výsledky jsou patrné v tabulce 3.

	Počet	Průměrný věk	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Výborný	218	45,9	17,3	32	43	61	15	90
Dobry	103	54,9	16,5	40	58	67	19	86
Uspokojivý	34	57,6	15,5	45	61	69	28	82
Špatný	3	47,3	22,7	22	54	66	22	66
Celkem	358	49,6	17,5	34	51	64	15	90

Tab. 3. Přehled sledovaného souboru pacientů podle kategorií OMA hodnocení.

6.3.6. Závažnost úrazu

Početni zastoupení. Dominovalo zastoupení monotraumat, která se vyskytla u 348 pacientů (87,4 %). U 19 pacientů (4,8 %) se jednalo o polytrauma a u 31 pacientů (7,8 %) o sdružené poranění. Sledujeme-li trend zastoupení počtu polytraumat a sdružených poranění dohromady (oproti izolovanému poranění hlezna – monotraumatu), pak byl patrný signifikantní každoroční nárůst oproti předchozímu roku ($p < 0,001$). Podrobné výsledky jsou patrné v tabulce 4.

	2009	2010	2011	2012	Celkem
Monotrauma	85 (92,4 %)	109 (91,6 %)	79 (84,0 %)	75 (80,7 %)	348 (87,4 %)
Polytrauma	3 (3,3 %)	5 (4,2 %)	8 (8,5 %)	3 (3,2 %)	19 (4,8 %)
Sdružené poranění	4 (4,4 %)	5 (4,2 %)	7 (7,5 %)	15 (16,1 %)	31 (7,8 %)
Celkem	92 (100 %)	119 (100 %)	94 (100%)	93 (100 %)	398 (100 %)

Tab. 4. Přehled sledovaného souboru pacientů v jednotlivých letech podle závažnosti úrazu.

Závažnost úrazu a Weberova klasifikace. V tabulce 5 je patrné zastoupení jednotlivých typů zlomenin hlezna podle Weberovy klasifikace u monotraumat, polytraumat a sdružených poranění.

	Monotrauma	Polytrauma	Sdružené poranění	Celkem
Typ A	11 (3,2 %)	3 (15,8 %)	0 (0,0 %)	14 (3,5 %)
Typ B	257 (73,9 %)	7 (36,8 %)	15 (48,4 %)	279 (70,1 %)
Typ C	77 (22,1 %)	7 (36,8 %)	13 (41,9 %)	97 (24,4 %)
Izolovaná zlomenina vnitřního kotníku	3 (0,9 %)	2 (10,5 %)	3 (9,7 %)	8 (2,0 %)
Celkem	348 (100 %)	19 (100 %)	31 (100 %)	398 (100 %)

Tab. 5. Přehled sledovaného souboru pacientů podle závažnosti úrazu a typu zlomeniny.

Při hodnocení jednotlivých typů podle Weberovy klasifikace bylo zjištěno, že polytraumata a sdružená poranění vykazovala více zlomenin typu C a izolovaných zlomenin vnitřního kotníku ($p = 0,007$, respektive $p < 0,001$) a menší výskyt zlomenin typu B.

Pacienti s polytraumatem nebo sdruženým poraněním měli průměrně OMA hodnocení signifikantně nižší než pacienti s monotraumatem ($p = 0,007$, respektive $p = 0,012$) (tabulka 6).

	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Monotrauma	322	89,2	14,7	85	95	100	10	100
Polytrauma	13	77,3	22,4	56	80	100	48	100
Sdružené poranění	23	80,7	22,8	68	90	100	30	100
Celkem	358	88,3	15,9	84	95	100	10	100

Tab. 6. Přehled sledovaného souboru pacientů podle OMA hodnocení a závažnosti úrazu.

6.3.7. Příčina úrazu

Nejvíce byly zastoupeny úrazy ve venkovním prostředí (230 pacientů, 57,8 %), sportovní úrazy (53 pacientů, 13,3 %) a úrazy v domácím prostředí (51 pacientů, 12,8 %). Ostatní výsledky jsou patrné v tabulce 7.

	Muži	Ženy	Celkem
Doma	22 (11,3 %)	29 (14,2 %)	51 (12,8 %)
Venku	86 (44,3 %)	144 (70,6 %)	230 (57,8 %)
Sport	41 (21,1 %)	12 (5,9 %)	53 (13,3 %)
Dopravní nehoda	23 (11,9 %)	13 (6,4 %)	36 (9,1 %)
Kriminální	15 (7,7 %)	2 (1,0 %)	17 (4,3 %)
Pád z výše	7 (3,6 %)	4 (2,0 %)	11 (2,8 %)
Celkem	194 (100 %)	204 (100 %)	398 (100 %)

Tab. 7. Přehled sledovaného souboru pacientů podle pohlaví a příčiny úrazu.

Pacienti s úrazem při sportu měli průměrné OMA hodnocení vyšší než při úrazu venku ($p = 0,025$) i než při domácím úrazu ($p = 0,037$). Signifikantní byl také údaj o nižší hodnotě při dopravní nehodě než při úrazu venku ($p = 0,013$) (tabulka 8).

	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Doma	44	86,7	15,4	83	91	98	30	100
Venku	217	87,9	15,9	84	95	100	10	100
Sport	48	93,6	11,8	91	98	100	30	100
Dopravní nehoda	24	79,6	19,4	58	88	100	48	100
Kriminální	14	88,3	18,5	90	96	99	37	100
Pád z výše	11	95,3	13,1	98	100	100	56	100
Celkem	358	88,3	15,9	84	95	100	10	100

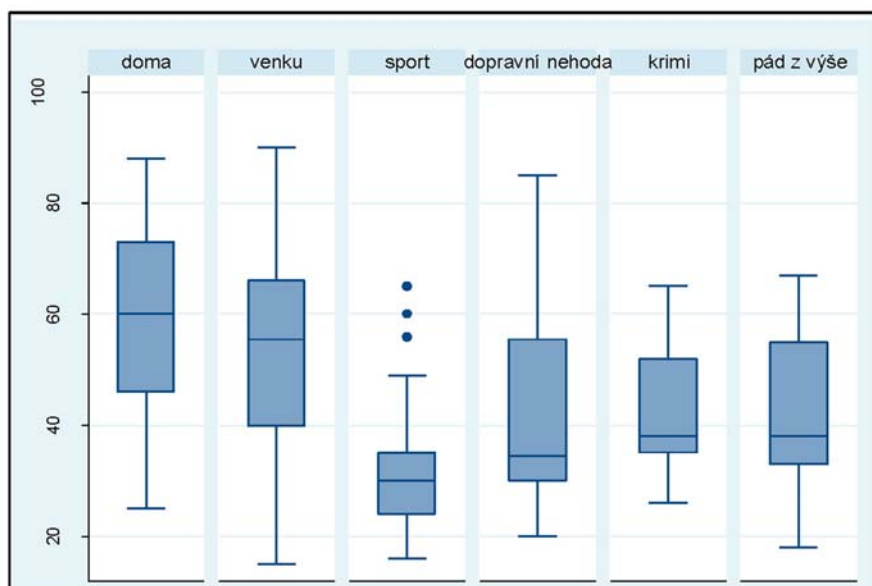
Tab. 8. Přehled sledovaného souboru pacientů podle OMA hodnocení a příčiny úrazu.

Příčina úrazu a Weberova klasifikace. Z výsledků je patrné, že u typu B (oproti ostatním typům) bylo signifikantně více úrazů ve venkovním prostředí ($p < 0,001$) a méně úrazů při sportu ($p < 0,004$), pádech z výše ($p = 0,022$) a dopravních nehodách ($p < 0,001$). Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v četnosti úrazů v domácím prostředí. Izolované zlomeniny vnitřního kotníku byly spojeny nejčastěji s dopravní nehodou. Žádná izolovaná zlomenina vnitřního kotníku nevznikla v domácím prostředí, při pádu z výše nebo při kriminálním úrazu a v případě typu A byly nejčetnější úrazy při sportu (tabulka 9).

	A	B	C	Izolovaná zlomenina vnitřního kotníku	Celkem
Doma	2 (14,3 %)	39 (14,0 %)	10 (10,3 %)	0 (0,0 %)	51 (12,8 %)
Venku	2 (14,3 %)	186 (66,7 %)	41 (42,3 %)	1 (12,5 %)	230 (57,8 %)
Sport	5 (35,7 %)	28 (10,0 %)	18 (18,6 %)	2 (25,0 %)	53 (13,3 %)
Dopravní nehoda	3 (21,4 %)	11 (3,9 %)	17 (17,5 %)	5 (62,5 %)	36 (9,1 %)
Kriminální úrazy	1 (7,1 %)	11 (3,9 %)	5 (5,2 %)	0 (0,0 %)	17 (4,3 %)
Pád z výše	1 (7,1 %)	4 (1,4 %)	6 (6,2 %)	0 (0,0 %)	11 (2,3 %)
Celkem	14 (100 %)	279 (100 %)	97 (100 %)	8 (100 %)	398 (100 %)

Tab. 9. Přehled sledovaného souboru pacientů podle typu zlomeniny a příčiny úrazu.

Příčina úrazu a věk. Nejvyšší věk měli pacienti při úrazu v domácím prostředí ($58,6 \pm 17,2$ let), který byl statisticky signifikantně vyšší než u všech ostatních typů úrazu ($p < 0,001$ až $p = 0,031$). Nejnižší průměrný věk byl nalezen u úrazu při sportu ($30,7 \pm 10,6$ let) (graf 1).



Graf 1. Přehled sledovaného souboru pacientů podle příčiny úrazu a věku.

6.4. Morfologické aspekty zlomenin hlezna

6.4.1. Rozdělení pacientů podle Weberovy klasifikace

Weberova klasifikace – četnost typů a pohlaví. Zlomeniny typu A tvořily 14 pacientů (3,5 %), zlomeniny typu B 279 pacientů (70,1 %) a zlomeniny typu C 97 pacientů (24,4 %). Do čtvrté skupiny byly zařazeny izolované zlomeniny vnitřního kotníku. Vyskytly se u 8 pacientů (2,0 %). Zastoupení podle pohlaví je patrné v tabulce 10.

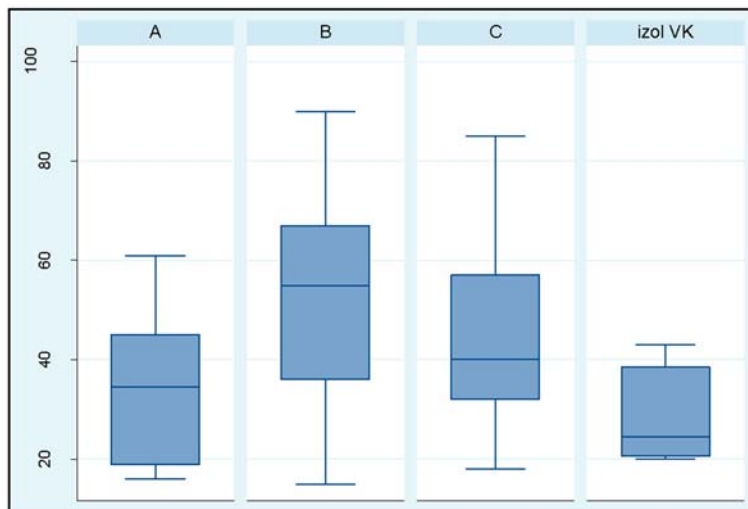
	Muži	Ženy	Celkem
Typ A	11 (5,7 %)	3 (1,5 %)	14 (3,5 %)
Typ B	117 (60,3 %)	162 (79,4 %)	279 (70,1 %)
Typ C	62 (32,0 %)	35 (17,2 %)	97 (24,4 %)
Izolovaná zlomenina vnitřního kotníku	4 (2,1 %)	4 (2,0 %)	8 (2,0 %)
Celkem	94 (100 %)	204 (100 %)	398 (100 %)

Tab. 10. Přehled sledovaného souboru pacientů podle pohlaví a typu zlomeniny.

Porovnáme-li jednotlivé typy Weberovy klasifikace navzájem, můžeme konstatovat, že muži měli signifikantní převahu v typu A ($p = 0,035$) a typu C ($p = 0,001$) a naopak ženy měly signifikantní převahu v typu B ($p < 0,001$). Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v četnosti izolovaných zlomenin vnitřního kotníku v závislosti na pohlaví ($p = 0,943$).

Weberova klasifikace a věk. Průměrný věk pacientů s typem A byl 35,6 let, s typem B 52,5 let, s typem C 43,8 let a ve skupině s izolovanou zlomeninou vnitřního kotníku 28,6 let.

Typ B měl signifikantně vyšší průměrný věk než typ A ($p < 0,001$) a typ C signifikantně nižší než typ B ($p < 0,001$). Izolované zlomeniny vnitřního kotníku se vyznačovaly signifikantně nižším průměrným věkem pacientů než u typu B nebo C ($p < 0,001$, resp. $p = 0,017$) (graf 2).

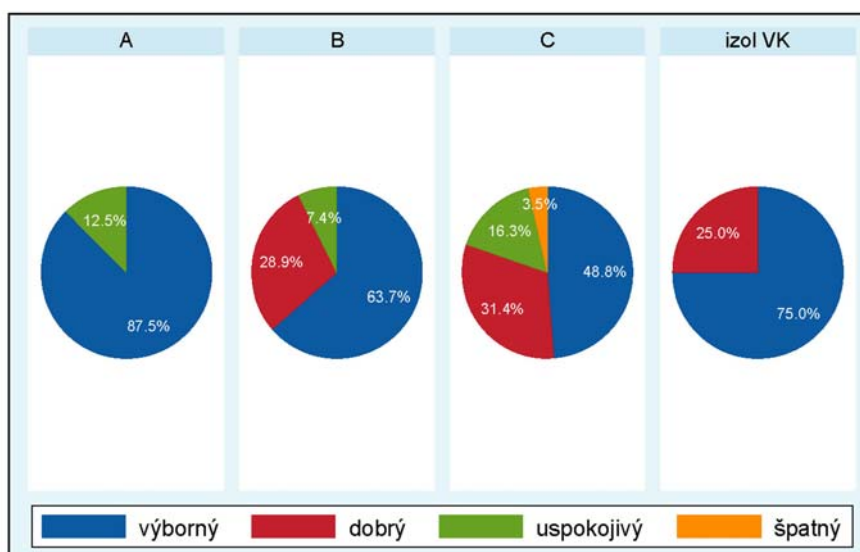


Graf 2. Přehled sledovaného souboru pacientů podle typu zlomeniny a věku.

Hodnocení souboru (OMA) ve vztahu k Weberově klasifikaci. Pacienti se zlomeninou typu C měli OMA hodnocení nižší než pacienti se zlomeninou typu B ($p = 0,003$) a zároveň signifikantně menší zastoupení v kategorii výborný a větší v kategorii uspokojivý ($p = 0,007$) (tabulka 11 a graf 3).

	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Typ A	8	93,0	14,2	93	100	100	59	100
Typ B	256	89,5	14,1	85	95	100	35	100
Typ C	86	83,6	20,3	75	90	98	10	100
Izolovaná zlomenina vnitřního kotníku	8	95,1	8,8	93	100	100	76	100
Celkem	358	88,3	15,9	84	95	100	10	100

Tab. 11. Přehled sledovaného souboru pacientů podle OMA hodnocení a typu zlomeniny.



Graf 3. Přehled sledovaného souboru pacientů podle OMA hodnocení a typu zlomeniny.

6.4.2. Morfologie zlomenin typu A podle Weberovy klasifikace

Celkem bylo v našem souboru operováno 14 pacientů (3,5 %) se zlomeninou typu A podle Weberovy klasifikace. Ke zlomenině zevního kotníku s distálním úlomkem větším než 0,2 cm došlo v 6 případech (42,8 %) a menším než 0,2 cm v 8 případech (57,2 %). Vnitřní kotník byl zlomen 9krát (64,3 %) a zadní hrana v žádném z uvedených případů.

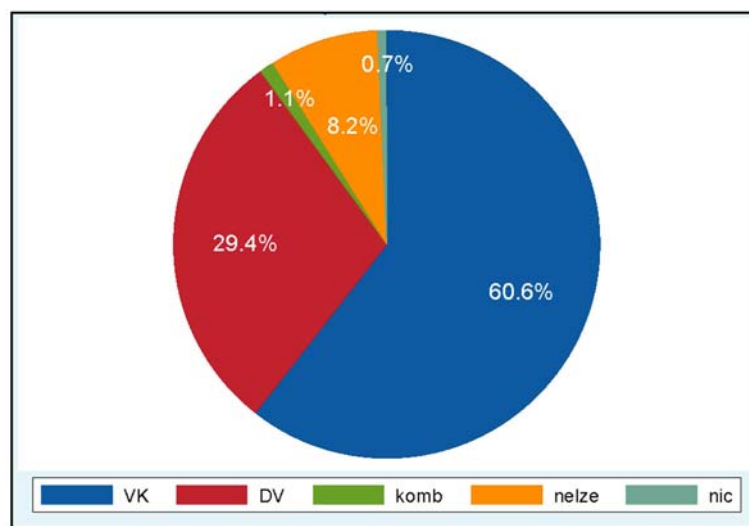
Při hodnocení byla nalezena průměrná hodnota OMA 93.

6.4.3. Morfologie zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace

6.4.3.1. Typy poranění struktur hlezenního kloubu

Zlomeniny typu B podle Weberovy klasifikace (279 pacientů) představovaly nejčastější skupinu poranění s různou kombinací postižení ligamentózních a kostních struktur.

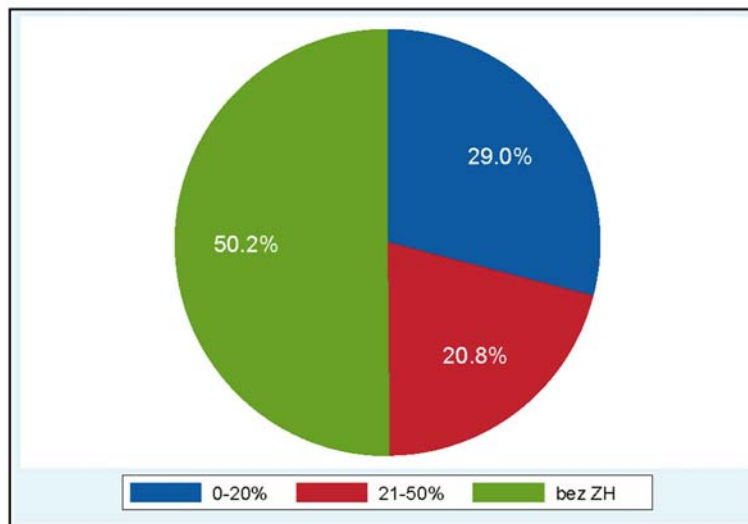
Poranění mediálních struktur hlezenního kloubu. Nejčastěji se vyskytla zlomenina vnitřního kotníku, a to u 169 pacientů (60,6 %). Kombinace zlomeniny předního kolikulu vnitřního kotníku a léze deltového vazy se v našem souboru vyskytla třikrát (1,1 %). U 82 pacientů (29,4 %) byl nálezn označen jako léze deltového vazy, ať klinicky či ověřená operační revizí. V souboru jsme nemohli určit exaktně poškození deltového vazy v 23 případech (8,2 %), ve dvou případech (0,8 %) jsme klinicky (to znamená bez operační revize) označili mediální struktury za intaktní (graf 4).



Graf 4. Přehled poranění mediálních struktur u zlomenin typu B.

Délka lomné linie na fibule. Bylo nalezeno 134 pacientů (48,0 %) s krátkou lomnou linií na fibule a 145 pacientů s dlouhou linií lomu na fibule (52,0 %). Nejdelší lomná linie (8,9 cm) byla pozorována u 31leté pacientky se zlomeninou typu B.

Zlomenina zadní hrany. Zlomenina zadní hrany tibie se v našem souboru vyskytla v 139 případech, což bylo 49,8 % z celkového počtu zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace. U 81 pacientů (29 %) byla její velikost 0–20 % a u 58 pacientů (20,8 %) byla její velikost 21–50 %. Ve 140 případech (50,2 %) zlomenina zadní hrany nalezena nebyla (graf 5).



Graf 5. Přehled pacientů se zlomeninou zadní hrany u typu B.

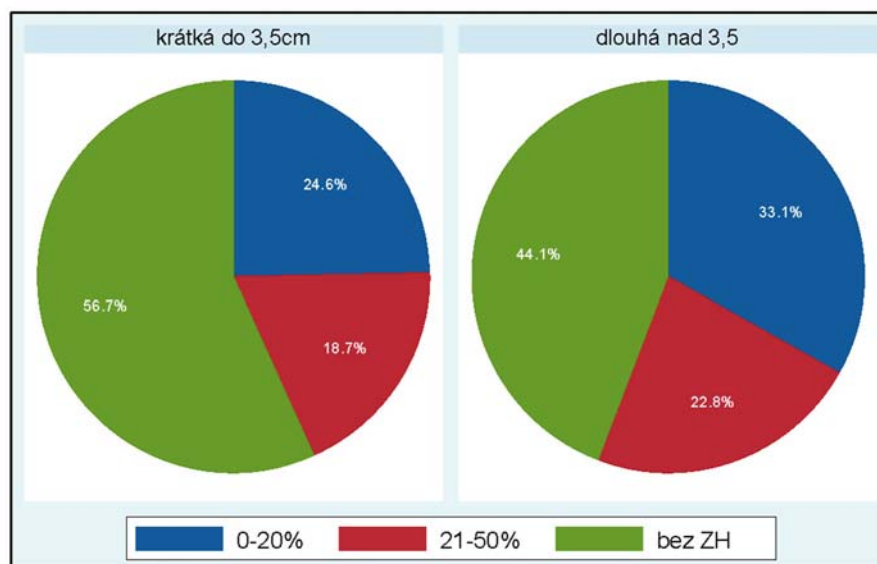
6.4.3.2. Vztahy mezi různými typy poranění struktur hlezna u typu B podle Weberovy klasifikace

Přítomnost zlomeniny zadní hrany a postižení mediálních struktur. Pokud se vyskytla na mediální straně zlomenina vnitřního kotníku, tak u 105 pacientů (62,1 %) byla nalezena současně zlomenina zadní hrany a u 64 pacientů (37,9 %) byla zadní hrana intaktní. A naopak v případě léze deltového vazy se v 29 případech (35,4 %) vyskytla zlomenina zadní hrany a v 53 případech (64,6 %) její poranění prokázáno nebylo (tabulka 12).

Zlomenina zadní hrany	VK	DV	komb	nelze	nic	Celkem
0–20 %	63 (37,3 %)	16 (19,5 %)	0 (0,0 %)	2 (8,7 %)	0 (0,0 %)	81 (29,0 %)
21–50 %	42 (24,9 %)	13 (15,9 %)	1 (33,3 %)	2 (8,7 %)	0 (0,0 %)	58 (20,8 %)
Bez zlomeniny zadní hrany	64 (37,9 %)	53 (64,6 %)	2 (66,7 %)	19 (82,6 %)	2 (100 %)	140(50,2 %)
Celkem	169 (100 %)	82 (100 %)	3 (100 %)	23 (100 %)	2 (100 %)	279 (100 %)

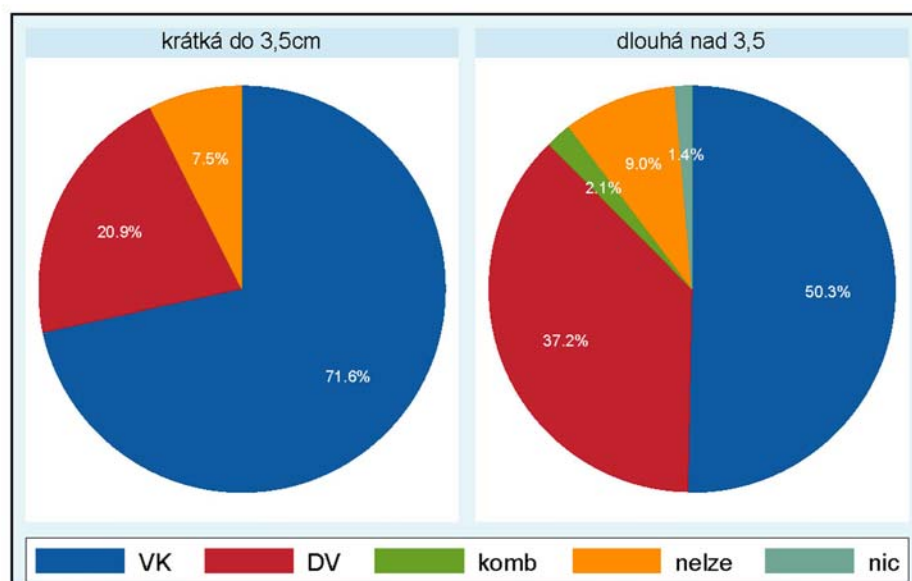
Tab. 12. Přehled vztahu poranění mediálních struktur a zlomeniny zadní hrany.

Přítomnost zlomeniny zadní hrany a poranění laterálních struktur (délka lomné linie na fibule) u typu B podle Weberovy klasifikace. Zlomenina zadní hrany tibie se vyskytla častěji v případech, kdy byla na fibule dlouhá linie lomu. Ze 145 případů s dlouhou lomnou linií se odlomení zadní hrany vyskytlo u 81 pacientů (55,9 %) a u 64 pacientů (44,1 %) se odlomení zadní hrany nevyskytlo. Ze 134 případů s krátkou lomnou linií jsme odlomenou zadní hranu zaznamenali v 58 případech (43,3 %) oproti 76 případům (56,7 %) bez jejího poranění (graf 6).



Graf 6. Přehled vztahu poranění laterálních struktur a zlomeniny zadní hrany.

Postižení laterálních struktur (délka lomné linie fibuly) a typ mediální léze u typu B podle Weberovy klasifikace. Bylo zjištěno, že u krátké linie lomu na fibule se zlomenina vnitřního kotníku vyskytla v 96 případech (71,6 %), zatímco u dlouhé linie se jednalo o 73 případů (50,3 %). Léze deltového vazy se vyskytla u krátké linie lomu na fibule ve 28 případech (20,9 %) a u dlouhé linie v 54 případech (37,2 %). Kompletní rozbor je na grafu 7.

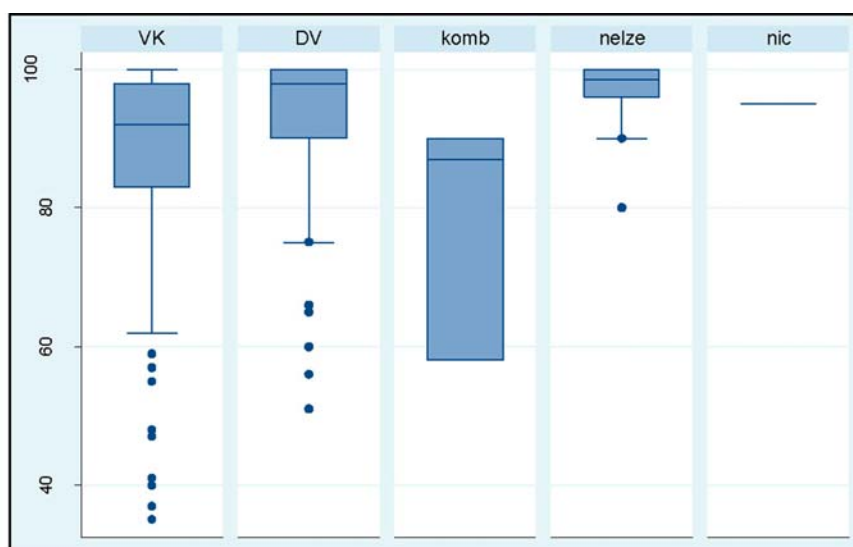


Graf 7. Přehled vztahu poranění laterálních struktur a typu mediální léze.

Pacienti s krátkou linií (< 3,5 cm) měli signifikantně více zlomenin vnitřního kotníku oproti ostatním kategoriím mediálně ve srovnání s pacienty s dlouhou linií lomu (nad 3,5 cm) ($p < 0,001$). Pacienti s dlouhou linií měli signifikantně více poranění deltového vazy ($p = 0,003$).

6.4.3.3. Hodnocení zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace

Mediálně se v hodnoceném souboru vyskytlo 158 zlomenin vnitřního kotníku s průměrnou hodnotou OMA 87,2, dále 72 lézí deltového vazy (OMA 92,6), tři kombinovaná poranění mediálních struktur (OMA 78,3), ve 22 případech nešlo rozhodnout o typu léze (OMA 97,0) a v jednom případě bylo mediální postižení hodnoceno jako negativní (OMA 95,0) (graf 8). Pacienti s lézí deltového vazy měli signifikantně vyšší OMA hodnocení než pacienti se zlomeninou vnitřního kotníku ($p = 0,006$).



Graf 8. Přehled OMA hodnocení ve vztahu k postižení mediálních struktur.

Pacienti s **linií lomu na fibule** delší než 3,5 cm (133 případů) měli signifikantně vyšší OMA hodnocení (91,7) než pacienti s linií kratší než 3,5 cm (123 případů, 87,0) ($p = 0,008$).

Bylo naznačeno nižší OMA u pacientů s velikostí odlomené **zadní hrany** 21–50 % oproti pacientům s velikostí odlomené zadní hrany 0–20 % ($p = 0,080$) (tabulka 13).

Zlomenina zadní hrany	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
0–20 %	77	90,9	13,1	87	96	100	35	100
21–50 %	54	86,5	17,1	83	93	99	37	100
Bez zlomeniny zadní hrany	125	89,8	13,2	84	96	100	41	100
Celkem	256	89,5	14,1	85	95	100	35	100

Tab. 13. Přehled OMA hodnocení ve vztahu ke zlomenině zadní hrany.

OMA hodnocení a dislokace na úrazovém snímku.

	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Malá dislokace	111	90,0	12,3	85	95	100	48	100
Velká dislokace	77	86,6	17,0	84	94	98	35	100
Pravidelná vidlice ATC	68	91,8	12,9	89	98	100	41	100
Celkem	256	89,5	14,1	85	95	100	35	100

Tab. 14. Přehled OMA hodnocení ve vztahu k dislokaci hlezenního kloubu na úrazovém snímku.

Pacienti s pravidelnou vidlicí hlezenního kloubu měli OMA vyšší než pacienti s velkou dislokací ($p = 0,028$). Bylo naznačeno i vyšší OMA u pacientů s malou dislokací oproti velké ($p = 0,104$) (tabulka 14).

OMA hodnocení a maleolární zlomeniny. Ve skupině s typem B podle Weberovy klasifikace bylo nalezeno 66 unimaleolárních zlomenin (25,8 %), 59 bimaleolárních zlomenin (23,1 %) a 102 trimaleolárních zlomenin (39,8 %). Zlomeniny fibuly se současným odlomením zadní hrany byly vyčleněny zvlášť (29 případů, 11,3 %). Průměrné OMA u jednotlivých typů je vidět v tabulce 15, ze které jsou patrné tyto statisticky významné závěry: OMA hodnocení bylo lepší u unimaleolárních zlomenin vůči bimaleolárním ($p = 0,001$) i trimaleolárním ($p = 0,008$) zlomeninám. Dále bylo významně lepší hodnocení případů se současnou zlomeninou fibuly a zadní hrany (bez zlomeniny vnitřního kotníku) vůči bimaleolárním ($p = 0,009$) a trimaleolárním ($p = 0,038$) zlomeninám. Ostatní vztahy byly bez významného rozdílu.

	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Unimaleolární	66	93,6	10,5	92	98	100	51	100
Bimaleolární	59	85,6	14,7	79	90	98	41	100
Trimaleolární	102	87,8	15,9	85	95	99	35	100
Fibula a zlomenina zadní hrany	29	93,8	9,4	91	98	100	56	100
Celkem	256	89,5	14,1	85	95	100	35	100

Tab. 15. Přehled OMA hodnocení a uni-, bi- a trimaleolární zlomeniny.

6.4.4. Morfologie zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace

6.4.4.1. Typy poranění struktur hlezenního kloubu

Náš soubor obsahoval 97 pacientů se zlomeninou typu C podle Weberovy klasifikace.

Poranění mediálních struktur. Ke zlomenině vnitřního kotníku došlo v 52 případech (53,6 %), k lézi deltového vazy v 37 případech (38,1 %). Kombinované léze jsme zaznamenali ve dvou případech (2,1 %) a stav, kdy nebylo možno určit, jestli se jedná o postižení mediálních struktur, se objevil v našem souboru 6krát (6,2 %).

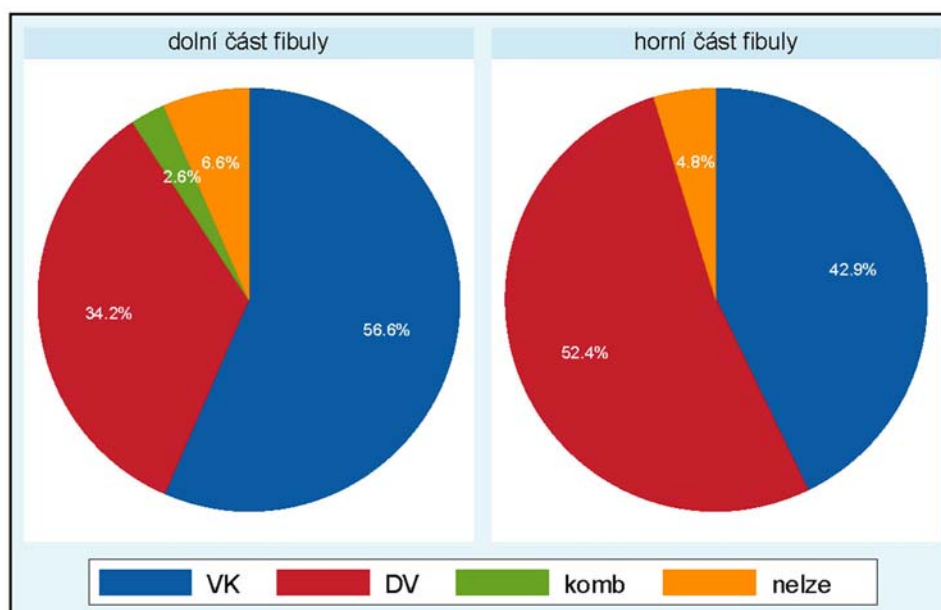
Zlomenina zadní hrany. Zlomenina zadní hrany se vyskytla u 40 pacientů (41,2 %) a její absence byla zaznamenána u 57 pacientů (58,8 %). Pokud se týká velikosti odlomené zadní hrany, nejvíce případů (26 pacientů, 26,8 %) bylo nalezeno s rozsahem kloubní plochy do 20 % (měřeno na bočním RTG snímku). Celkem 13 případů (13,4 %) vykazovalo rozmezí 21–50 % kloubní plochy a u zlomenin typu C se objevil i jeden případ (1 %) s velikostí nad 50 %.

Výška distální části lomné zóny fibuly nad talem. Dále jsme se při studiu morfologie zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace zajímali o distální úroveň lomné zóny na fibule, tj. vzdálenost od horní kloubní plochy talu. Soubor byl rozdělen na skupinu s výskytem zlomeniny fibuly v horní nebo dolní polovině. Většina případů (76 pacientů, 78,3 %) měla distální konec oblasti zlomeniny pod středem délky fibuly (dolní polovina fibuly). Pouze 21 pacientů (21,7 %) mělo distální část zlomeniny v horní polovině délky fibuly, přičemž to zahrnovalo i 14 případů Maissonuevových zlomenin.

Délka lomné zóny na fibule. Lomná linie u C typu není většinou jednoduchá a vyskytují se dvojfragmentové, třífragmentové a kominutivní zlomeniny fibuly. Často je výlomen delší motýlovitý fragment, nejčastěji z dorzální části fibuly. Zjišťovali jsme rozložení četnosti případů podle délky lomné oblasti. Jako nejmenší rozměr byl zaznamenán údaj 0,4 cm. Ve skupině délky linie lomu do 3 cm bylo 51 pacientů (52,6 %), od 3,1 do 6 cm bylo 37 pacientů (38,1 %) a nad 6,1 cm bylo 9 pacientů (9,3 %).

6.4.4.2. Vztahy mezi různými typy poranění struktur hlezna u typu C podle Weberovy klasifikace.

Vztah mediální léze a lokalizace lomné zóny na fibule u C typu. U pacientů se zlomeninou fibuly v dolní části se objevila zlomenina vnitřního kotníku 43krát (56,6 %) a léze deltového vazy 26krát (34,2 %). V případě zlomeniny fibuly v horní části byla přítomna zlomenina vnitřního kotníku 9krát (42,9 %) a léze deltového vazy 11krát (52,4 %). Zastoupení ostatních typů mediálních lézí bylo nevýznamné. Statistickým hodnocením bylo naznačeno více pacientů se zlomeninou vnitřního kotníku u lomné zóny v dolní části fibuly oproti ostatním typům ve srovnání s horní částí ($p = 0,267$) a naopak více pacientů s lézí deltového vazy u lomné zóny v horní části fibuly ($p = 0,134$) (graf 9).



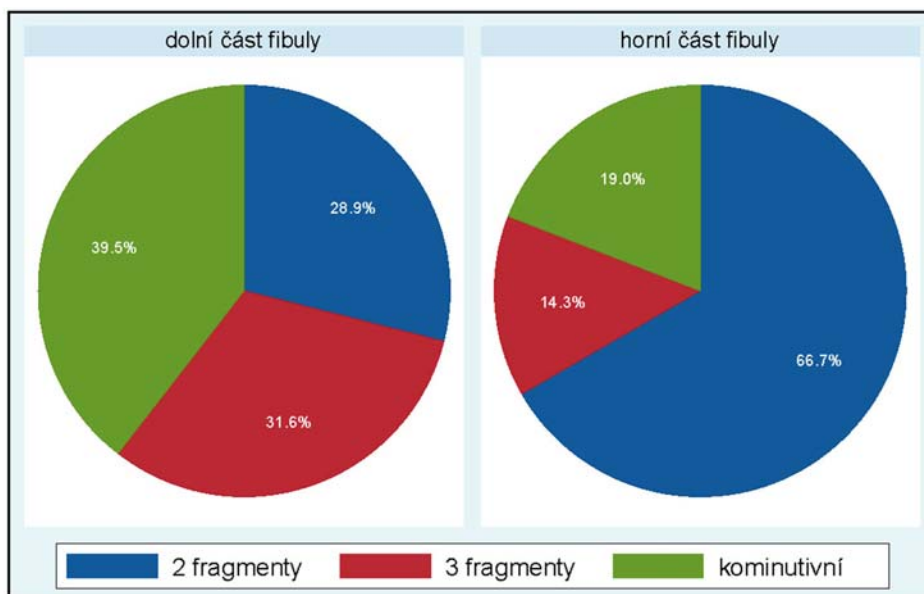
Graf 9. Přehled vztahu typu mediální léze a lokalizace lomné linie u typu C.

Vztah lokalizace lomné zóny na fibule a dislokace na úrazovém RTG snímku. Při statistickém zhodnocení údajů v tabulce 16 byla naznačena větší pravděpodobnost přítomnosti velké talokrurální dislokace u zlomeniny v dolní části fibuly ($p = 0,059$). Zároveň byla naznačena větší pravděpodobnost existence pravidelné vidlice u zlomenin v horní části fibuly u typu C ($p = 0,065$).

RTG – dislokace vidlice ATC	Lokalizace lomné linie		Celkem
	Dolní část fibuly	Horní část fibuly	
Malá dislokace	29 (38,2 %)	8 (38,1 %)	37 (38,1 %)
Velká dislokace	24 (31,6 %)	2 (9,5 %)	26 (26,8 %)
Pravidelná vidlice ATC	23 (30,3 %)	11 (52,4 %)	34 (35,1 %)
Celkem	76 (100 %)	21 (100 %)	97 (100 %)

Tab. 16. Přehled vztahu lokalizace lomné linie a dislokace na úrazovém RTG snímku u zlomenin typu C.

Vztah morfologie lomné zóny fibuly na její lokalizaci. Na grafu 10 je vidět vztah typu a závažnosti kominuce lomné zóny na fibule k lokalizaci lomné zóny v průběhu délky fibuly. U dolní části se našla dvojfragmentová zlomenina v 22 případech (29,0 %), třífragmentová ve 24 případech (31,6 %) a kominutivní ve 30 případech (39,5 %). V horní části se jednalo o tyto hodnoty: 14 (66,7 %), 3 (14,3 %) a 4 (19,1 %).

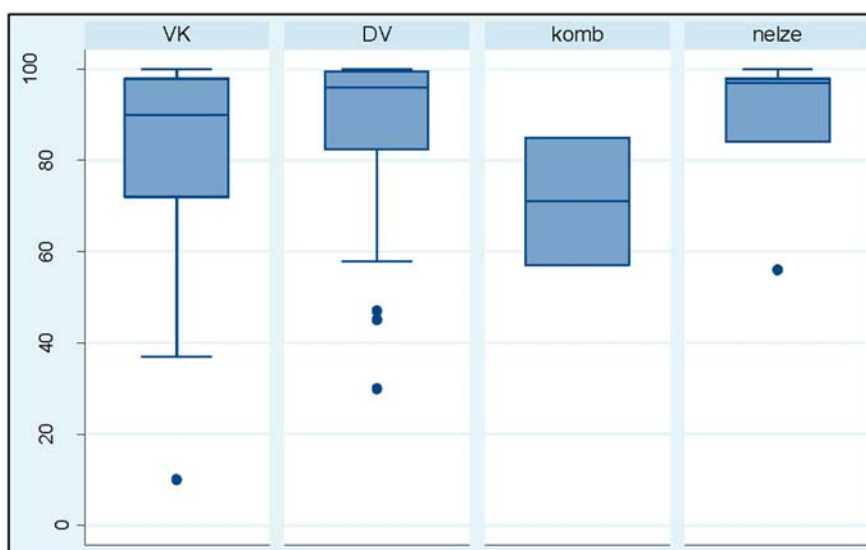


Graf 10. Pěchled vztahu morfologie lomné zóny a její lokalizace na fibule.

Pacienti s lokalizací lomné zóny v horní části fibuly měli signifikantně častěji dva fragmenty ($p = 0,003$) a v dolní části fibuly měli nesignifikantně častěji tři fragmenty ($p = 0,129$), respektive kominutivní zlomeninu ve srovnání s pacienty se zlomeninou v oblasti horní fibuly ($p = 0,091$).

6.4.4.3. Hodnocení zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace.

Mediálně bylo hodnoceno 42 pacientů se zlomeninou vnitřního kotníku (průměrné OMA 81,1), 36 pacientů s lézí deltového vazy (86,3), dva případy kombinované léze (71,0) a 6 případů, kdy nebylo možno určit typ postižení mediálně (88,7).



Graf 11. Pěchled vztahu typu mediálního poranění a OMA hodnocení.

Nebyl signifikantní rozdíl v OMA skóre mezi jednotlivými typy mediálního postižení. Bylo pouze naznačeno nižší OMA u kombinovaného postižení oproti ostatním typům mediálního postižení (graf 11).

Pacienti bez zlomeniny **zadní hrany** měli signifikantně vyšší OMA oproti ostatním skupinám (u odlomené zadní hrany s velikostí kloubní plochy do 20 % představovalo $p = 0,022$ a ve skupině od 21 do 50 % bylo $p = 0,010$). Nebyla hodnocena kategorie s odlomením zadní hrany větší než 50 %, jelikož se vyskytl pouze jeden pacient (tabulka 17).

Zlomenina zadní hrany	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
0–20 %	23	78,3	23,9	65	85	98	10	100
21–50 %	12	73,4	21,6	52	82	94	45	98
>50 %	1	37,0		37	37	37	37	37
Bez zlomeniny zadní hrany	50	89,4	15,2	87	97	100	30	100
Celkem	86	83,6	20,3	75	90	98	10	100

Tab. 17. Přehled vztahu OMA hodnocení k velikosti odlomené zadní hrany.

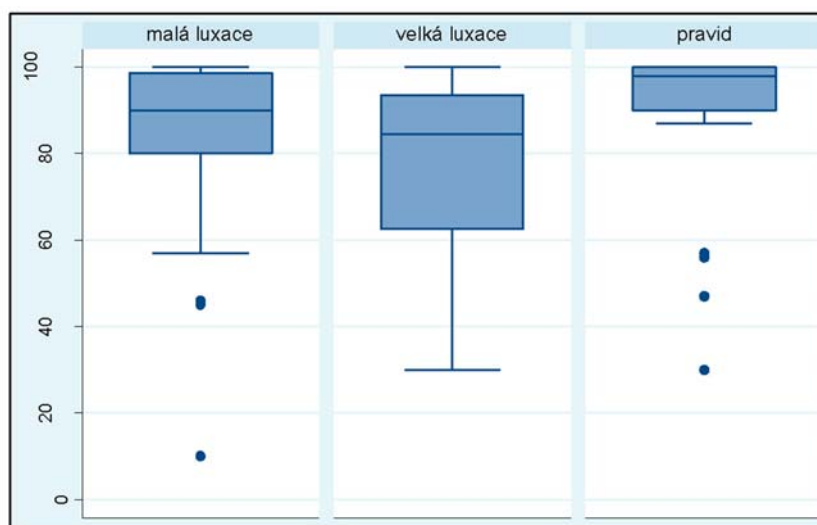
Pacienti s lokalizací lomné zóny v horní polovině **fibuly** měli průměrné OMA 85,9 a v dolní polovině 82,9, což neznamenal signifikantní rozdíl ($p = 0,565$).

OMA hodnocení a velikost lomné zóny na fibule. Celkem 45 pacientů s délkou lomné zóny do 3 cm vykázalo průměrné OMA 79,9, celkem 33 pacientů (délka lomné zóny od 3,1 do 6,0 cm) mělo OMA 91,1 a celkem 8 pacientů s lomnou zónou nad 6,1 cm mělo průměrné OMA 72,8.

Pacienti s délkou lomné zóny fibuly mezi 3,1–6 cm měli signifikantně vyšší OMA než pacienti s délkou do 3 cm ($p = 0,014$) a nad 6,1 cm ($p = 0,019$).

U dvojfragmentové zlomeniny fibuly bylo průměrné OMA 88,0, u třífragmentové 84,0 a u kominutivní 78,4. Bylo tedy naznačeno nižší OMA u pacientů s kominucí oproti pacientům s dvojfragmentovou zlomeninou ($p = 0,063$).

OMA hodnocení a dislokace na úrazovém snímku. Pacienti s malou dislokací v talokrurálním kloubu na úrazovém RTG snímku měli průměrné OMA 83,8 (36 případů), pacienti s velkou dislokací 77,04 (24 případů) a 26 pacientů s pravidelnou vidlicí mělo průměrné OMA 89,3 (graf 12).



Graf 12. Přehled vztahu dislokace na úrazovém snímku a OMA hodnocení.

Signifikantně nižší bylo OMA u pacientů s velkou dislokací talokrurálního kloubu oproti pravidelné kloubní šterbině ($p = 0,033$). Ostatní vztahy nebyly signifikantní (malá dislokace versus pravidelná kloubní šterbina, $p = 0,290$ a malá versus velká dislokace, $p = 0,202$).

OMA hodnocení a maleolární zlomeniny. Hodnoceno bylo 30 případů (34,9 %) unimaleolárních, 20 případů (23,3 %) bimaleolárních a 24 případů (27,9 %) trimaleolárních zlomenin. Kombinace zlomeniny fibuly a zadní hrany se objevila ve 12 případech (13,9 %) (tabulka 18).

	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Unimaleolární	30	91,1	15,5	90	98	100	30	100
Bimaleolární	20	86,8	14,7	78	90	100	57	100
Trimaleolární	24	75,5	23,8	58	85	94	10	100
Fibula a zadní hrana	12	75,5	24,4	52	84	96	30	100
Celkem	86	83,6	20,3	75	90	98	10	100

Tab. 18. Přehled OMA hodnocení a uni-, bi- a trimaleolární zlomeniny.

Signifikantně lepší hodnocení bylo nalezeno pouze u unimaleolárních zlomenin ve srovnání s trimaleolárními ($p=0,004$) a ve srovnání se současnou zlomeninou fibuly a zadní hrany ($p = 0,021$).

6.4.5. Morfologie izolovaných zlomenin vnitřního kotníku

Izolované zlomeniny vnitřního kotníku jsou uvedeny zvlášť, protože Weberova klasifikace neuvazuje o tomto typu poranění. V našem souboru bylo zaznamenáno 8 případů izolovaných zlomenin vnitřního kotníku se stejným poměrným zastoupením mužů a žen. Čtyři muži s věkovým průměrem 31 let a čtyři ženy s průměrným věkem 26 let. V jednom případě byla nalezena kombinovaná léze. Podle závažnosti úrazu se vyskytly tři případy monotraumat, tři případy sdruženého poranění a dva případy polytraumat. Podle Lauge-Hansenovy klasifikace se jednalo o první stadium pronačně-abdukčního poranění.

Podle OMA byla průměrná hodnota 95,1. Obdobně jako u zlomeniny typu A podle Weberovy klasifikace se však jednalo o malý počet pacientů ve sledovaném souboru.

6.5. Způsoby operačního ošetření jednotlivých struktur hlezna

6.5.1. Ošetření zlomenin typu A podle Weberovy klasifikace

Na laterální straně byla provedena jednou dlahová osteosyntéza, třikrát cerkláž a dvakrát fixace drobného fragmentu pomocí stehu (osteosutura). Ve zbývajících 8 případech, kdy byl fragment hrotu fibuly menší než 0,2 cm, nebyla provedena operační revize. V 9 případech zlomenin vnitřního kotníku byla provedena 8krát osteosyntéza šrouby (dvakrát třemi kortikálními šrouby a 6krát spongiózními šrouby) a v jednom případě cerkláž.

6.5.2. Ošetření zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace

Ošetření na laterální straně hlezna. Při ošetření zlomeniny fibuly u poranění typu B byla použita ve většině případů dlahová osteosyntéza (254 případů) a aplikace tahového šroubu přes linii lomu (u 195 pacientů). Většina dlah byla třetinová (247 případů), v případech nutnosti větší stability (kominuce lomné zóny, mohutnost pacienta, nutnost pevnější konstrukce pro udržení délky fibuly) byla použita DCP (dynamic compression plate) či ULS (universal locking system) dlaha (7 případů). Třetinové dlahy byly užity takto: 5otvorová v jednom případě, 6otvorová ve 33 případech, drábková 6otvorová jednou, 7otvorová v 135 případech, 8otvorová v 74 případech a 10otvorová ve třech případech. DCP či ULS dlahy: jedna 7otvorová, tři 8otvorové, jedna 9otvorová a dvě 10otvorové. Z ostatních způsobů ošetření zlomeniny fibuly byl použit jednou šroub nitrodřeňově, jednou dva K. dráty a jednou pouze tři tahové šrouby. V průměru přesahoval horní konec dlahy nad horní část linie lomu 2,6 cm. Dlaha dosahovala až k hrotu fibuly kromě 21 případů, kde byla od apexu vzdálena 0,5 až 1,2 cm.

Ošetření na mediální straně hlezna. Z celkem 279 pacientů s typem B zlomeniny podle Weberovy klasifikace byla u 169 případů se zlomeninou vnitřního kotníku provedena 86krát osteosyntéza dvěma spongiózními šrouby, 58krát šroubem a jedním antirotačním K. drátem, 4krát cerkláž a 4krát jiný typ (dvakrát osteosutura a dvakrát šroub s dvěma K. dráty). Dvakrát nebyla provedena revize mediálně a 15krát byla provedena transfixace. Třikrát provedena revize pro kombinovanou lézi.

U stavů s lézí deltového vazy jsme provedli 39 sutur deltového vazy a ve 43 případech jsme nerevidovali.

Ošetření zlomeniny zadní hrany. Zadní hranu jsme ošetřili zepředu šrouby ve 25 případech a zezadu ve čtyřech případech. Celkem 110 pacientů s odlomenou zadní hranou jsme ponechali bez její osteosyntézy. Aplikovány byly jeden nebo dva šrouby.

Ošetření poranění v oblasti Chaputova a Le Fortova hrbolu. U 37 odlomení Le Fortova hrbolu byla provedena 11krát osteosyntéza šroubem a 26krát pouze repozece a sutura okolních měkkých tkání stehem či osteosutura. Ve třech případech odlomení Chaputova hrbolu bylo použito jednou osteosyntézy šroubem a dvakrát sutury po repozici úlomku.

6.5.3. Ošetření zlomenin typu C podle Weberovy klasifikace

Ošetření na laterální straně hlezna. Z 97 pacientů se zlomeninou typu C podle Weberovy klasifikace bylo použito 68 dlah na osteosyntézu fibuly a ve 29 případech byly použity suprasyndezmální šrouby. Typy použitých dlah: třetinová 32krát, DCP či ULS 30krát a rekonstrukční dlaha 6krát. Nad linií lomu byl konec dlahy v průměru 2,9 cm (rozmezí od 0,7 do 6,0 cm). Pod linií 3,8 cm (rozmezí od 1,2 do 6,2 cm). Ke hrotu fibuly 2,9 cm (rozmezí od 0,4 do 11,3 cm). Jeden tahový šroub byl použit 20krát, dva šrouby 5krát. Chaputův hrbol byl ošetřen čtyřikrát a nezaznamenali jsme ošetření Le Fortova hrbolu.

Ošetření na mediální straně hlezna. Z celkového počtu 97 pacientů se zlomeninou typu C bylo 52 případů zlomeniny vnitřního kotníku, 37krát léze deltového vazy, dvě kombinované léze a v 6 případech nebylo možno určit stav tkání mediálně. Osteosyntéza šrouby byla použita

26krát, šroubem a K. drátem 16krát a jednou cerkláž. Ostatní typy ošetření byly použity 6krát (tříkrát dlaha, jednou K. drát, dvakrát ošetření kombinované léze, třikrát nerevidováno). V případech označených lézí deltového vazy byla sutura 22krát, nerevidováno 15krát.

Ošetření zlomeniny zadní hrany. Z celkového počtu 40 zlomenin zadní hrany byla osteosyntéza provedena čtyřikrát zepředu a jednou zezadu.

6.5.4. Ošetření izolovaných zlomenin vnitřního kotníku

Osteosyntéza byla provedena 6krát použitím dvou spongiózních šroubů a dvakrát kombinací spongiózního šroubu a K. drátu.

6.6. Suprasyndezmální šrouby u zlomenin hlezna

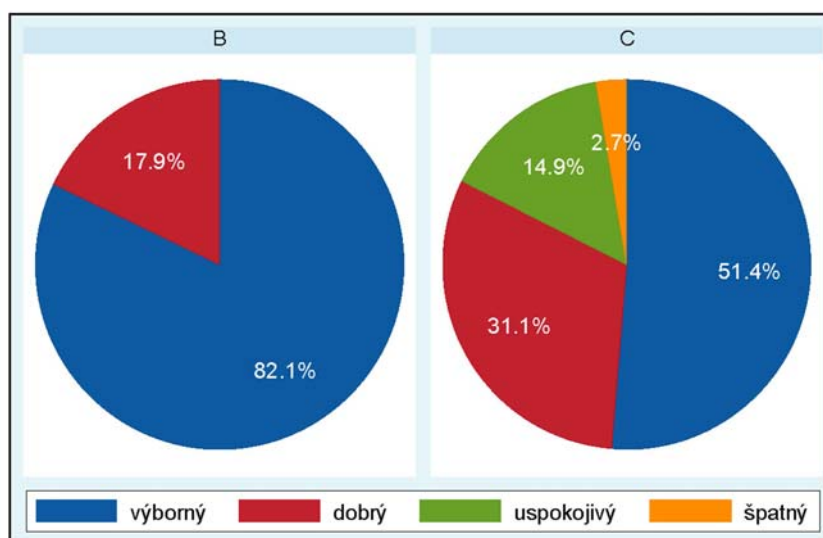
U 30 suprasyndezmálních šroubů zavedených v případech **zlomenin typu B** (10,8 %) byla průměrná vzdálenost od hlezenního kloubu 3,3 cm (od 1,1 do 6,1 cm). Nikdy nebyly zavedeny dva šrouby. Průměrná doba ponechání šroubu byla 71,7 dnů (nazapočítány dva případy bez extrakce šroubu). Trikortikálně bylo zavedeno 19 šroubů a tetrakortikálně 11 šroubů.

Dominující bylo použití suprasyndezmálního šroubu u zlomenin **typu C typu** podle Weberovy klasifikace. My jsme ho použili v 83 případech (85,6 %) zlomenin typu C. V 60 případech byl použit pouze jeden šroub, 23krát dva suprasyndezmální šrouby. Vzdálenost od kloubu byla průměrně 3,3 cm v případě použití jednoho šroubu (od 0,6–5,1 cm) a 3,1 cm (od 1,6–10,1 cm) v případě použití dvou šroubů (distální šroub). Ve 23 případech použití dvou šroubů byla průměrná vzdálenost horního šroubu od kloubu 6,2 cm. Průměrná doba ponechání u jednoho suprasyndezmálního šroubu byla 78 dní a u dvou šroubů 94 dní. U použití jednoho šroubu bylo trikortikální zavedení 34krát a tetrakortikální 26krát. U dvou šroubů byla zaznamenána trikortikální aplikace 6krát a tetrakortikální 17krát (z toho ve dvou případech se jednalo o jeden tri- a druhý tetrakortikálně). U 11 pacientů s jedním a dvou pacientů se dvěma šrouby nebyla extrakce provedena.

Ve zkontrolovaném souboru po jednom roce od operace jsme našli 256 pacientů bez použití suprasyndezmálního šroubu, 81 pacientů s jedním a 21 pacientů se dvěma použitými suprasyndezmálními šrouby. U typu B se jednalo o 28 pacientů a u typu C 74 pacientů.

Pacienti se dvěma suprasyndezmálními šrouby měli hraničně nesignifikantně nižší průměrné OMA (81,7) oproti případům s jedním suprasyndezmálním šroubem (88,8) ($p = 0,070$) i oproti případům bez jeho použití (88,6) ($p = 0,056$).

S ohledem na Weberovu klasifikaci měla skupina pacientů se zlomeninou typu B podle Weberovy klasifikace OMA hodnocení v průměru 94,3 a skupina s typem C 84,7 bodů, což bylo statisticky signifikantní ($p = 0,013$). Vztah kategorií OMA k rozdělení zlomenin podle Weberovy klasifikace je znázorněn na grafu 13, kde je patrna u pacientů se zlomeninou typu B vyšší četnost výborného OMA ($p = 0,007$) a nesignifikantně nižší četnost dobrého skóre ($p = 0,188$). Uspokojivé a špatné hodnocení se vyskytlo pouze u typu C.



Graf 13. Přehled kategorií OMA ve vztahu k Weberově klasifikaci.

Porovnání výsledků OMA hodnocení u suprasyndezmálního šroubu zavedeného u různých typů zlomenin.

Skupiny pacientů podle AO klasifikace (tabulka 19):

- 1) AO 44 C3 (**Maissoneuvovy zlomeniny**),
- 2) AO 44 C1 a C2 s použitím **jednoho suprasyndezmálního šroubu** (v kombinaci s dlahovou osteosyntézou),
- 3) AO 44 C1 a C2 s použitím **pouze dvou suprasyndezmálních šroubů** (případy, kdy **linie lomu lokalizována uprostřed fibuly**),
- 4) AO 44 B1, 2, 3 s použitím suprasyndezmálního šroubu (a dlahové osteosyntézy).

	AO 44 C1,2 (jeden suprasyndezmální šroub a dlah)	AO 44 C1,2 (pouze dva suprasyndezmální šrouby a neutralizační dlah)	AO 44 C3–Maissoneuvova zlomenina (dva suprasyndezmální šrouby - 13krát nebo jeden suprasyndezmální šroub - dvakrát)	AO 44 B1,2,3 (jeden suprasyndezmální šroub a neutralizační dlah)
Počet	51	8	15	28
OMA	85,5	73,4	88,1	94,3

Tab. 19. Porovnání sledovaných skupin se zavedeným suprasyndezmálním šroubem ve vztahu k OMA hodnocení.

Nejvyšší hodnocení bylo nalezeno očekávaně u zlomenin typu B (94,3). Nejnižší se objevilo u případů zlomenin typu C, kde byla **linie lomu uprostřed fibuly** a ke stabilizaci byly použity **pouze dva suprasyndezmální šrouby** (podrobně viz diskuze).

6.7. Přehled sledovaných komplikací po operačním řešení zlomenin hlezna

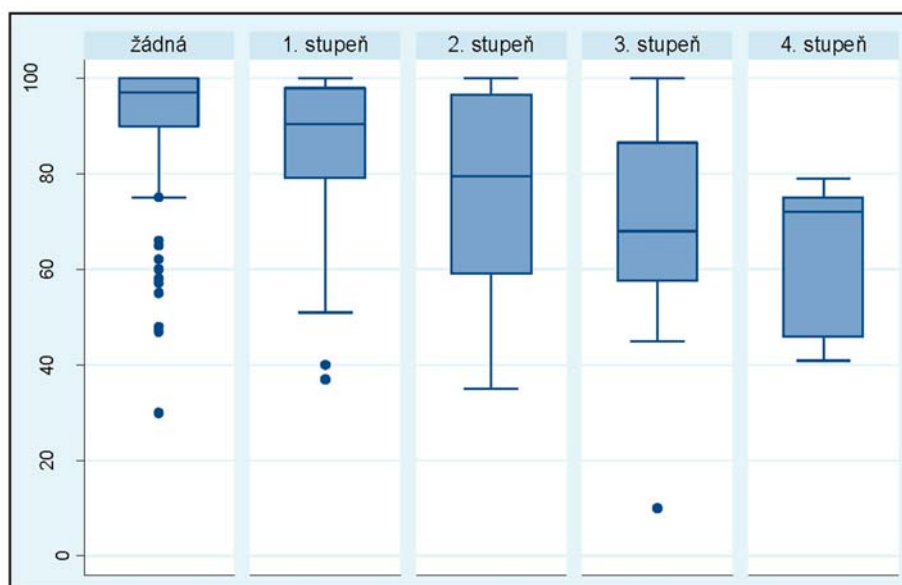
Prezentovány jsou výsledky z hodnoceného souboru 358 pacientů.

6.7.1. Potraumatické arrotické změny

Z 358 hodnocených pacientů po jednom roce od operace se na RTG objevil různý stupeň arrotických změn u 113 pacientů (31,6 %). Využitím Olerudova-Molanderova skórovacího systému se potvrdilo, že pacienti bez arrotických známek na RTG mají signifikantně vyšší průměrnou hodnotu (92,3) oproti těm, kteří měli různý stupeň arrotických změn (79,6) ($p < 0,001$).

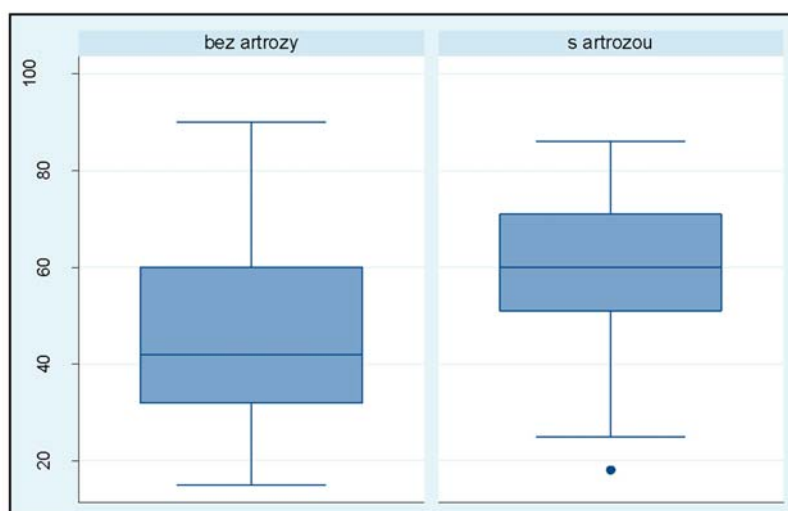
Podle závažnosti arrotických změn bylo nalezeno toto zastoupení kategorií a hodnot OMA: 1. stupeň (64 pacientů, 85,6), 2. stupeň (28 pacientů, 74,6), 3. stupeň (16 pacientů, 69,6) a 4. stupeň (pět pacientů, 62,6).

Na grafu 14 je patrný sestupný trend OMA v závislosti na stupni arrotických změn.



Graf 14. Přehled vztahu arrotických změn k OMA hodnocení.

Potraumatická artróza. Pohlaví, věk a BMI. Bez známek arrotických změn hlezna bylo u mužů nalezeno 132 případů (79,0 %) a 35 případů (21,0 %) mělo známky různých stupňů artrózy. U žen se jednalo o 113 (59,2 %), respektive 78 (40,8 %). Ženy měly větší pravděpodobnost vzniku artrózy než muži ($p < 0,001$). Průměrný věk pacientů bez artrózy byl 45,2 let a pacientů s arrotickými změnami 59,2 let, což bylo statisticky signifikantní ($p < 0,001$) (graf 15). Pacienti s artrózou měli také signifikantně vyšší BMI než pacienti bez známek artrózy ($p = 0,007$).



Graf 15. Přehled pacientů sledovaného souboru se vztahem potraumatických artrótických změn a věku.

Potraumatická artróza a Weberova klasifikace. Nebyl pozorován signifikantní rozdíl mezi přítomností artrózy a rozdělením zlomenin podle Weberovy klasifikace. V souboru se nevyskytl žádný případ artrózy u skupiny izolovaných zlomenin vnitřního kotníku, u typu A jeden pacient (12, 5 %), u typu B 82 pacientů (32 %) a u typu C 30 pacientů (34, 9 %). Bylo naznačeno méně 1. stupně a více 2., 3. a 4. stupně artrózy u typu C ve srovnání s typem B ($p = 0,990$ až $0,998$).

Potraumatická artróza a dislokace na úrazovém snímku. Vztah velikosti dislokace talokrurálního kloubu na úrazovém RTG snímku ke vzniku potraumatických artrótických změn hlezenního kloubu je patrný v tabulce 20. Pacienti s velkou i malou dislokací měli větší pravděpodobnost na vznik artrózy oproti pacientům s pravidelnou kloubní štěrbinou ($p < 0,001$, respektive $p = 0,032$).

	RTG dislokace v kloubu			Celkem
	Malá dislokace	Velká dislokace	Pravidelná vidlice ATC	
Bez artrózy	104 (69,3 %)	54 (53,5 %)	87 (81,3 %)	245 (68,4 %)
S artrózou	46 (30,7 %)	47 (46,5 %)	20 (18,7 %)	113 (31,6 %)
Celkem	150 (100 %)	101 (100 %)	107 (100 %)	358 (100 %)

Tab. 20. Přehled sledovaného souboru se vztahem potraumatické artrózy a dislokace na úrazovém snímku.

6.7.2. Synostózy distálního tibiofibulárního spojení

Synostózy ve vztahu k pohlaví a věku. RTG známky synostóz nebo nepřemostujících kostních formací (osifikací) syndezmózy byly u mužů zaznamenány v 49 případech (29,3 %) a žádné známky ve 118 případech (70,7 %). U žen se jednalo o 29 případů (15,2 %), respektive 162 případů (84,8 %). Muži měli signifikantně větší pravděpodobnost vzniku synostóz ($p = 0,001$). Věkový průměr mezi pacienty se synostózou a bez ní nebyl signifikantní (51,1 let respektive 49,5 let) ($p = 0,423$).

OMA hodnocení a synostózy.

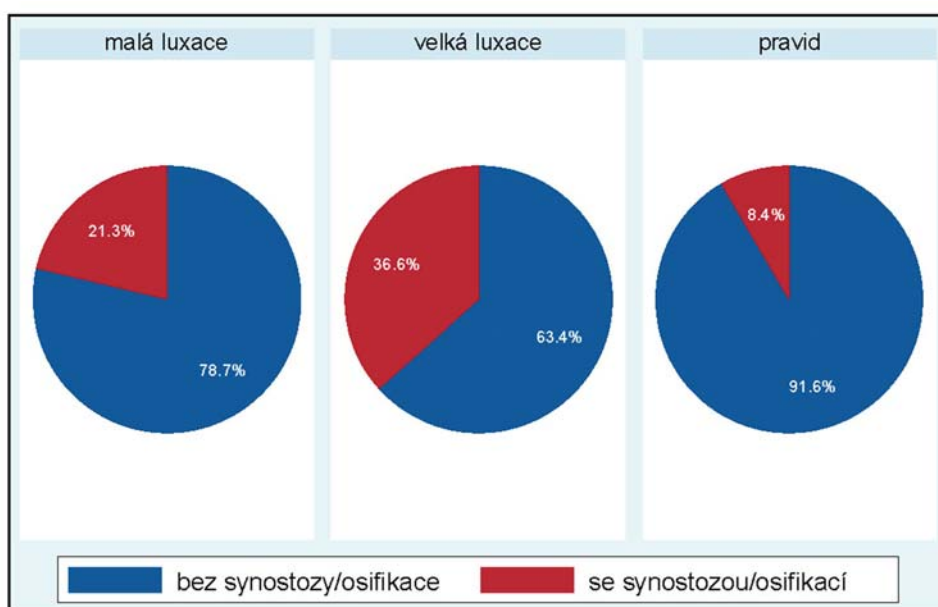
	Počet	Průměrné OMA	Směrodatná odchylka	p25	p50	p75	min	max
Žádné osifikace	280	88,6	15,7	85	95	100	10	100
Nekompletní kostní přemostění	31	88,1	16,3	82	97	100	37	100
Synostózy	47	86,6	17,4	80	94	100	40	100
Celkem	358	88,3	15,9	84	95	100	10	100

Tab. 21. Přehled vztahu OMA hodnocení k synostózám a nepřemostujícím kostním formacím.

Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v OMA hodnocení při vzájemném porovnání pacientů se synostózou, nekompletním kostním přemostěním nebo skupinou bez jejich nálezu ($p = 0,880$, $p = 0,437$, $p = 0,684$) (tabulka 21).

Synostózy ve vztahu k Weberově klasifikaci. Bylo patrné signifikantně větší zastoupení synostóz u typu C oproti typu B ($p = 0,002$). U typu B se synostózy či nekompletní kostní přemostění vyskytly u 48 pacientů (18,8 %) a u typu C u 30 pacientů (34,9 %).

Synostózy ve vztahu k dislokaci na úrazovém snímku. V případech bez synostóz se u malé, velké dislokace a pravidelné vidlice našlo 118 (78,7 %), 64 (63,4 %) a 98 (91,6 %) pacientů. V případech se synostózou bylo 32 (21,3 %), 37 (36,6 %) a 9 (8,4 %) (graf 20). Pacienti s velkou i malou dislokací na úrazovém RTG snímku měli signifikantně vyšší pravděpodobnost vzniku synostózy či nepřemostující kostní formace v oblasti hlezna ve srovnání s pacienty, kteří měli pravidelnou kloubní štěrbinu ($p < 0,001$, $p = 0,007$).



Graf 16. Synostózy a dislokace na úrazovém snímku.

Nebyl nalezen signifikantní vztah mezi přítomností **odlomené zadní hrany tibie** a vznikem synostózy.

Synostózy a ošetření syndezmózy suprasyndezmálním šroubem – počet šroubů (dva nebo jeden) a doba jeho ponechání.

	Ošetření syndezmózy suprasyndezmálním šroubem – počet			Celkem
	jeden	dva	žádný	
Bez synostózy či osifikace	50 (61,7 %)	15 (71,4 %)	215 (83,9 %)	280 (78,2 %)
Se synostózou či osifikací	31 (38,3 %)	6 (28,6 %)	41 (16,0 %)	78 (21,8 %)
Celkem	81 (100 %)	21 (100 %)	256 (100 %)	358 (100 %)

Tab. 22. Přehled pacientů se vztahem počtu suprasyndezmálních šroubů a přítomnosti synostózy.

Pacienti s jedním suprasyndezmálním šroubem měli signifikantně více synostóz nebo nepřemostujících kostních formací než pacienti bez jeho použití ($p < 0,001$). U pacientů se dvěma suprasyndezmálními šrouby bylo více synostóz pouze naznačeno ($p = 0,148$) (tabulka 22).

Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v **době ponechání suprasyndezmálního šroubu** u pacientů s přítomností synostóz a nepřemostujících kostních formací nebo bez nich ($p = 0,265$).

6.7.3. Omezení rozsahu pohybu v hlezenním kloubu

	Rozdíl v DF i PF (165 pacientů)	Rozdíl pouze v DF (55 pacientů)	Rozdíl pouze v PF (21 pacientů)	Bez rozdílu v DF a PF (117 pacientů)
Celkem (358)	165 (46,1 %)	55 (15,4 %)	21 (5,9 %)	117 (32,7 %)
OMA	83,1	88,0	95,7	94,4
Malá dislokace (150)	61 (40,7 %)	28 (18,7 %)	11 (7,3 %)	50 (33,3 %)
Velká dislokace (101)	60 (59,4 %)	16 (15,8 %)	6 (5,9 %)	19 (18,8 %)
Pravidelná vidlice ATC (107)	44 (41,1 %)	11 (10,3 %)	4 (3,7 %)	48 (44,9 %)
S odlomením zadní hrany (167)	89 (53,3 %)	27 (16,2 %)	9 (5,4 %)	42 (25,2 %)
Bez odlomení zadní hrany (191)	76 (39,8 %)	28 (14,7 %)	12 (6,3 %)	75 (39,3 %)

Tab. 23. Přehled sledovaného souboru ve vztahu rozsahu pohybu k OMA, dislokaci vidlice ATC a odlomení zadní hrany (PF – plantární flexe, DF – dorzální flexe).

Z výsledků v tabulce 23 je patrné, že vyšší OMA hodnocení bylo nalezeno v případech pacientů bez omezení pohybů a ve skupině s omezením pouze plantární flexe. U nejzávažnějšího omezení obou pohybů je patrný vztah k přítomnosti odlomené zadní hrany a velké dislokaci na úrazovém RTG snímku.

6.7.4. Pooperační ranné komplikace

	Počet
Žádné	281 (78,5 %)
Povrchní infekce, nekróza, dehiscence	45 (12,6 %)
Hluboký infekce	4 (1,1 %)
Podkožní stehová píštěl	28 (7,8 %)
Celkem	358 (100 %)

Tab. 24. Přehled sledovaného souboru a pooperačních ranných komplikací.

V hodnoceném souboru 358 pacientů bylo nalezeno 281 případů (78,5 %) bez komplikací a 77 případů (21,5 %) s různými typy komplikujících stavů (včetně nezávažných stehových píštělí). Podrobný rozbor je znázorněn v tabulce 24.

Průměrné OMA hodnocení bylo u pacientů bez komplikací 89,1 a u pacientů s různým typem pooperační komplikace 85,2, což bylo hraničně nesignifikantní ($p = 0,058$).

Z rizikových faktorů byl sledován: **věk, dislokace na úrazovém RTG snímku, diabetes mellitus, otevřená zlomenina, body mass index**.

Průměrný věk pacientů bez komplikací byl 48,3 roku a s komplikacemi 54,7 roků, což bylo statisticky signifikantní ($p = 0,003$).

Dislokace hlezna na úrazovém RTG snímku. Pacienti s velkou dislokací měli signifikantně více komplikací ($p = 0,016$) oproti pacientům s pravidelnou kloubní štěrbinou, u pacientů s malou dislokací se jednalo o nesignifikantní vztah ($p = 0,084$). Srovnání velké a malé dislokace nebylo statisticky významné ($p = 0,363$) (tabulka 25).

	RTG dislokace v kloubu			Celkem
	Malá dislokace	Velká dislokace	Pravidelná vidlice ATC	
Bez komplikací	116 (77,3 %)	73 (72,3 %)	92 (85,9 %)	281 (78,5 %)
S komplikacemi	34 (22,7 %)	28 (27,7 %)	15 (14,0 %)	77 (21,5 %)
Celkem	150 (100 %)	101 (100 %)	107 (100 %)	358 (100 %)

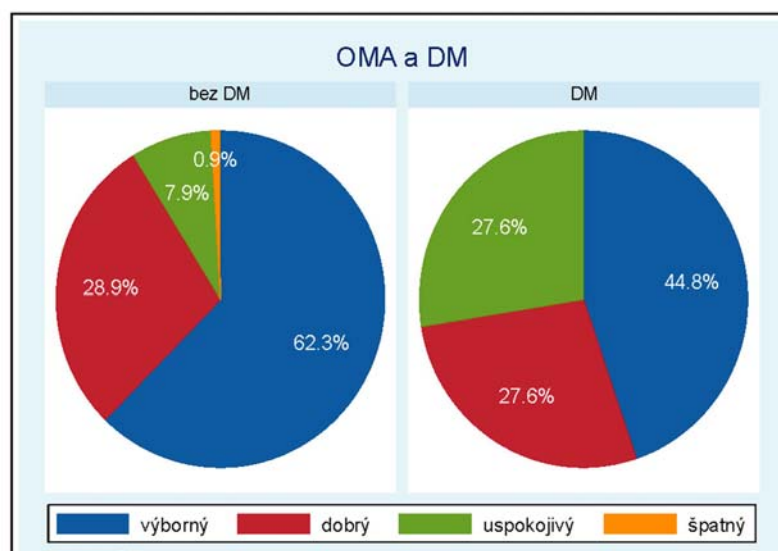
Tab. 25. Přehled sledovaného souboru ve vztahu pooperačních ranných komplikací a dislokace na úrazovém RTG.

Diabetes mellitus. Celkem 260 pacientů (79,0 %) bez diabetu nemělo komplikace ve srovnání s 69 pacienty (21,0 %) s komplikacemi. U diabetiků bylo bez komplikací 21 pacientů (72,4 %) a s komplikacemi 8 pacientů (27,6 %). Sledujeme-li jednotlivé položky zvlášť, pak je patrnější vyšší incidence povrchních infektů u pacientů s diabetem (tabulka 26).

	s DM	bez DM
Žádné komplikace	21 (72,4 %)	260 (79,0 %)
Povrchní infekt, nekróza, dehiscence	6 (20,7 %)	39 (11,9 %)
Hluboký infekt	0 (0,0 %)	4 (1,2 %)
Stehová píštěl	2 (6,9 %)	26 (7,9 %)
Celkem	29 (100 %)	329 (100 %)

Tab. 26. Přehled sledovaného souboru ve vztahu pooperačních ranných komplikací u diabetes mellitus.

Průměrná hodnota OMA u pacientů bez diabetes mellitus byla 88,9 a u diabetiků 80,3, což bylo statisticky signifikantní ($p = 0,005$). Kategorie uspokojivý se u diabetu vyskytla signifikantně častěji ($p = 0,001$), kategorie výborný nesignifikantně méně často ($p = 0,069$) (graf 17).



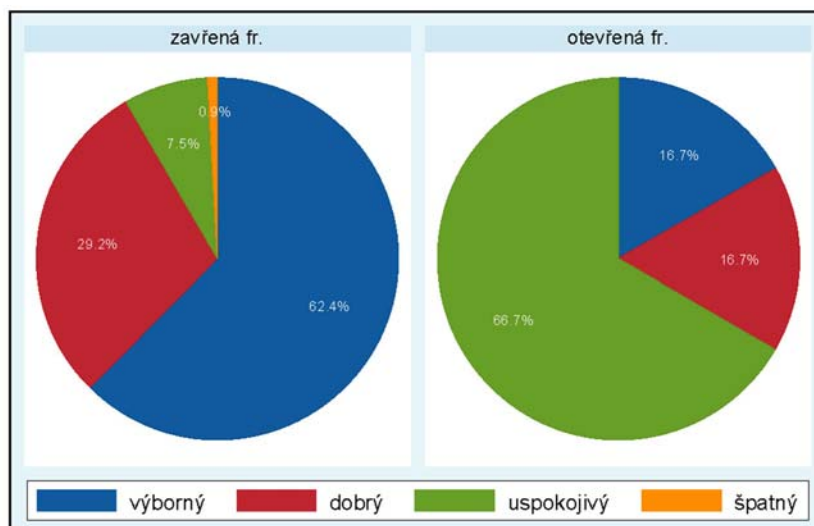
Graf 17. Přehled sledovaného souboru ve vztahu ke kategoriím OMA a diabetes mellitus.

Při statistickém hodnocení byly **pooperační komplikace hraničně nesignifikantně častější u otevřených zlomenin** ($p = 0,096$). Při rozložení na jednotlivé složky pak byla patrna velká převaha povrchních infekcí (tabulka 27). Nezaznamenali jsme hluboké infekty ani stehové píštěle u otevřených zlomenin.

	Otevřená	Zavřená
Žádné komplikace	7 (58,3 %)	274 (79,2 %)
Povrchní infekce, nekróza, dehiscence	5 (41,7 %)	40 (11,5 %)
Hluboký infekce	0 (0,0 %)	4 (1,2 %)
Stehová píštěl	0 (0,0 %)	28 (8,1 %)
Celkem	12 (100 %)	346 (100 %)

Tab. 27. Přehled sledovaného souboru ve vztahu ke otevřené a zavřené zlomenině.

Ve zkontrolovaném souboru mělo 346 pacientů se zavřenou zlomeninou průměrné OMA 89,0 a 12 pacientů s otevřenou zlomeninou 67,1 (to je o 21,9 bodů nižší, $p < 0,001$). Rozložení jednotlivých kategorií OMA je patrné v grafu 18.



Graf 18. Přehled sledovaného souboru rozdělený podle kategorií OMA ve vztahu k zavřeným a otevřeným zlomeninám.

Pooperační komplikace a BMI. U typu A podle Weberovy klasifikace bylo průměrné BMI 24,8, u typu B 26,7, u typu C 27,5 a u izolovaných zlomenin vnitřního kotníku 24,5 let.

	BMI > 30	BMI < 30
Žádné komplikace	61 (78,2 %)	220 (78,6 %)
Povrchní infekce, nekróza, dehiscence	13 (16,7 %)	32 (11,5 %)
Hluboký infekce	0 (0,0 %)	4 (1,4 %)
Stehová píštěl	4 (5,1 %)	24 (8,5 %)
Celkem	78 (100 %)	280 (100 %)

Tab. 28. Přehled ranných komplikací a BMI.

Výsledky zastoupení ranných infekcí jsou v tabulce 28. U BMI nad 30 je patrna vyšší hodnota pouze u povrchních infekcí. Při hodnocení pacientů bylo zjištěno, že při zvyšující se hodnotě BMI docházelo ke snižování hodnoty OMA ($p = 0,036$).

6.7.5. Celkové komplikace

V našem souboru byl nalezen pouze jeden závažný **celkový komplikace** u mladého pacienta, kdy hluboká žilní trombóza s plicní embolizací proběhla nekomplikovaně s plným uzdravením.

6.8. Diskuze

Epidemiologické aspekty

V literatuře je možné najít řadu prací, zabývajících se **epidemiologií zlomenin** v oblasti hlezna. Většinou jsou obtížně srovnatelné z hlediska základního výběru pacientů (konzervativně či chirurgicky řešené zlomeniny hlezna), rozsahu sledovaných parametrů či délkou doby sledování [15,22,41,74,76,91,92,94,109].

V některých pracích lze nalézt hodnocení i dalších, námi nesledovaných parametrů. Tento charakter měla studie Jensena a spol., kteří uvedli nejčastější výskyt těchto zlomenin v odpoledních a časných večerních hodinách [76]. Zajímavé jsou i údaje týkající se sezónního výskytu této diagnózy sledováním počtu provedených RTG hlezna, kde Morris a Lovell ve své práci uvedli, že letní sporty a aktivity byly příčinou menšího počtu zlomenin hlezna než aktivity v zimních chladných měsících [105].

Hodnotili jsme pomocí **Olerudova a Molanderova skórovacího systému**, který byl použit i v souborech jiných autorů [88,121,148]. Winters uvedl průměrnou hodnotu OMA 79,4 (muži 83,3, ženy 77,7) [148]. My jsme zjistili hodnoty vyšší (průměrná hodnota OMA 88,3), ale s podobným poměrem podle pohlaví (muži 90,1, ženy 86,7). Ahmad Hafiz a spol. pozorovali ve svém souboru 92,4 % výborných, 1,3 % dobrých, 2,5 % uspokojivých a 3,7 % špatných výsledků [2].

Pohlaví. V našem souboru převažovaly mírně ženy (204 žen, 51,3 % a 194 mužů, 48,7 %), což se neshoduje s literárními údaji, kde nacházíme většinou stejné poměrné zastoupení nebo eventuální mírnou převahu mužů [15,74,109]. Ahmad ve svém souboru operačně léčených zlomenin hlezna dokonce uvedl extrémně velkou převahu mužů (81,3 %) ve srovnání s ženami (18,7 %) [2]. Při OMA hodnocení jsme zjistili bez ohledu na typ zlomeniny signifikantně lepší

hodnocení u mužů ($p = 0,044$). Winters uvádí obdobně lepší výsledky u mužů, ale bez signifikantního rozdílu ($p = 0,110$) [148].

Věková struktura. V naší studii muži dominovali ve 3. a 4. decenniu, ženy v 6. a 7. decenniu. Důvodem může být větší fyzická aktivita mužů v mladším věku a význam osteoporózy žen po 50. roce věku [74,94]. Papageorgiou a spol. uvedli jako dominující druhé a třetí decennium [109], Ahmad Hafiz a spol. uvedli průměrný věk 32,3 let [2]. U OMA hodnocení klesala hodnota s postupujícím věkem. Také Winters a spol. uvedli ve své práci obdobné výsledky [148].

Lateralita nepatřila k často hodnoceným ukazatelům v literárních přehledech. V našem souboru se objevila převaha pravostranných končetin, což uvedli ve své práci i Papageorgiou a spol. [109] a Ahmad Hafiz a spol. [2].

Pozorovali jsme mírné zvýšení počtu **polytraumat a sdružených poranění** v průběhu jednotlivých let. Přesto zůstávají zlomeniny hlezna v naprosté převaze případů **monotraumaty**. V horším hodnocení u pacientů s polytraumatem a sdruženým poraněním mohla svoji roli sehrát přítomnost dalších přidružených poranění. Kromě nejvíce zastoupených úrazů venkovních u obou pohlaví, dominovaly sport a dopravní nehody u mužů a domácí úrazy u žen. Jensen a spol. uvedli jako **hlavní příčinu zlomeniny hlezna** pád (87 %). Hodnotili však jednoduché pády na podlaže a pády z výše jako jednotnou skupinu. Alkohol a kluzký povrch byl se zlomeninou spojen přibližně ve třetině případů [76]. Ve studii Ahmada Hafize a spol. byly nejčastější příčinou dopravní nehody (70,4 %) [2]. Z uvedeného je patrný nekorelující výběr jednotlivých parametrů v různých studiích a tím obtížnost přesného porovnávání.

Morfologické aspekty

U jednotlivých typů zlomenin **klesalo OMA hodnocení v pořadí:** izolovaný vnitřní kotník, typ A, B a C, což koreluje se vzrůstající závažností zlomeniny od typu A k typu C podle Weberovy klasifikace. Vliv zde mohlo hrát jistě věkové rozložení, kdy izolovaná zlomenina vnitřního kotníku a typ A mají statisticky nejnížší věk, který vykazoval obecně lepší hodnocení. Winters a spol. uvedli také snižující se OMA hodnocení od typu A k typu C (průměrné hodnoty OMA byly 90,0, 80,8 a 76,3) [148]. Podobné výsledky uvedli i Shah a spol. [121].

Zlomeniny typu A tvořily v našem souboru velmi malý podíl. Toto zjištění odpovídá tomu, že náš soubor se týkal pouze operovaných pacientů a u velké části typu A se jedná o stabilní zlomeniny obvykle léčené konzervativně. Winters a spol. v operačně řešeném souboru 62 pacientů uvedli podobné poměrné údaje, kdy jednotlivé typy A, B, C tvořily 8,1 %, 61,3 % a 30,6 % případů [148].

U zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace bylo nalezeno signifikantně vyšší OMA hodnocení u pacientů s poraněním deltového vazy než u zlomeniny vnitřního kotníku ($p = 0,006$). U skupiny „nelze určit“ je možno vidět podobně vysoké hodnocení OMA jako u léze deltového vazy, což koreluje s faktem lepšího hodnocení stavu v případech mediálního postižení bez zlomeniny vnitřního kotníku.

Nižší hodnoty OMA měli signifikantně ($p = 0,008$) pacienti s **krátkou linií lomu na fibule** a naznačeně nižší OMA měly případy s větší velikostí ($p = 0,080$) **odlomené zadní hrany**.

Při hodnocení **uni-, bi- a trimaleolárních zlomenin** bylo neočekávané a těžko odůvodnitelné zjištění vyšší hodnoty OMA u trimaleolárních než u bimaleolárních zlomenin a zajímavá byla nejvyšší hodnota u skupiny se současnou zlomeninou fibuly a zadní hrany, kterou jsme vyčlenili jako samostatnou. Vysvětlením by zde mohla být i přítomnost intaktních mediálních struktur, která je všeobecně prezentována jako velmi důležitá pro stabilitu hlezenního kloubu [20,140].

U rozsahu **dislokace na úrazovém RTG** hlezna bylo očekávané nejnižší OMA hodnocení v případech velkých dislokací.

Všímáme-li si **vztahů poranění** jednotlivých struktur hlezna, lze podle našich výsledků očekávat, že u **zlomeniny zadní hrany** se u typu B podle Weberovy klasifikace vyskytne **mediálně spíše zlomenina vnitřního kotníku** a v případech bez zlomeniny zadní hrany spíše léze deltového vazy.

Zlomenina **zadní hrany** se vyskytla častěji u **dlouhé linie** na fibule.

Laterálně se **krátká linie lomu fibuly** vyskytla častěji v kombinaci se **zlomeninou vnitřního kotníku** ($p = 0,001$) a u **dlouhé linie** byla naopak **převaha léze deltového vazy** ($p = 0,003$).

U **typu zlomenin typu C** podle Weberovy klasifikace nejvyšší OMA hodnocení bylo v **případě mediálních lézí** nalezeno u poranění deltového vazy a případů, kdy nebylo možno rozhodnout o poranění mediálně (obdobně jako u B typu). Předpokládáno bylo signifikantně vyšší hodnocení OMA u pacientů **bez zlomeniny zadní hrany** oproti ostatním skupinám.

Také u typu C podle Weberovy klasifikace bylo signifikantně nižší OMA u pacientů s velkou **dislokací talokrurálního kloubu na úrazovém RTG snímku** oproti případům s pravidelnou vidlicí hlezenního kloubu ($p = 0,033$).

V případě OMA hodnocení **uni-, bi- a trimaleolárních zlomenin** bylo pořadí sestupné podle závažnosti zlomeniny. Nebylo vyjádřeno vyšší hodnocení u současné zlomeniny fibuly a zadní hrany jako v případě zlomenin typu B. Je možné zde spekulovat, že i přes roli intaktních mediálních struktur pro stabilitu hlezna, hraje velmi významnou úlohu nestabilita při postižení oblasti syndezmózy (ve srovnání s typem B podle Weberovy klasifikace).

Vztahy mezi poraněními hlezna u typu C podle Weberovy klasifikace. Bylo naznačeno více pacientů se zlomeninou vnitřního kotníku u lomné zóny v dolní části fibuly a více pacientů s lézí deltového vazy u lomné zóny v horní polovině fibuly, ale tyto závěry nepřinesly statistickou signifikantnost ($p = 0,267$, resp. $p = 0,134$).

Pouze naznačena byla větší pravděpodobnost **přítomnosti velké dislokace na úrazovém RTG snímku u lomné zóny v dolní polovině fibuly a pravidelné vidlice v její horní polovině**. Zajímavé bylo, že u C typu podle Weberovy klasifikace jsme se setkali spíše s nesignifikantností různých vztahů na rozdíl od hodnocení typu B.

Způsoby operačního ošetření jednotlivých struktur hlezna

Problematika operačního ošetření jednotlivých struktur hlezna je úzce spojena s morfologií zlomeniny a výsledky léčby.

U **typu A** lze často volit konzervativní řešení. U operačně řešených pacientů se v souhlase s literárními údaji vyskytlo vyšší OMA hodnocení než u ostatních typů [121,148].

Dominující je operační léčba u **typu B a C**, kde jsou v literatuře diskutovány její jednotlivé aspekty.

Osteosyntéza zlomenin v našem souboru byla provedena s použitím **klasických implantátů**. V literatuře uvedli Schepers a spol., že při použití **LCP implantátů** našli více infekčních komplikací [123]. Vhodnost jejich indikace lze vidět v případech osteoporotických či vysoce kominutivních zlomenin. Kim a spol. uvedli, že při použití LCP dlahy je možné unikortikální zavedení šroubů a distálně jsou dva šrouby ekvivalentní třem konvenčním šroubům. Výsledky použití této konstrukce neměly vztah ke stupni osteoporózy [83].

Minimálně invazivní technika v našem souboru nebyla použita, ale nelze proti ní oponovat například v případech dlouhých kominutivních lomných zón na fibule a u poškození měkkých tkání. S výhodou je o ní referováno v řadě prací [29,38,135].

Diskutovanou je otázka použití **pouze tahových šroubů** pro osteosyntézu fibuly u typu B podle Weberovy klasifikace. V našem souboru se vyskytla ojediněle, přesto lze konstatovat, že v indikovaných případech, kdy je dostatečně dlouhá linie lomu, kvalitní kortikální kost u pacientů nižšího věku, může být tato technika účelná. Lze ji využít hlavně v případech, kdy se mediálně vyskytuje léze deltového vazy, protože zde indikovaná sádrová fixace pojišťuje i osteosyntézu fibuly „pouze šrouby“ (bez neutralizační dlahy). Tato problematika je také předmětem **experimentální studie** (kapitola 8). Obdobně referováno v práci McKenny a spol. [100]. Tornetta a spol. uvedli vhodnost jejího použití u pacientů pod 50 let, výhodu nehmatného kovu pod kůží bez nutnosti extrakce kovu a bez měkkotkáňových komplikací [138]. Arastu a spol. uvedli možnost použití dvou a více šroubů [7]. Již téměř historicky v roce 1986 podobné závěry včetně kratšího pooperačního času u této metody popsali ve své práci Hammacher a spol. [54].

Použití **biomateriálu** je diskutováno v pracích Bostmana a spol. a Hovise a spol. [26,60], kde jsou popisovány výhody (rychlejší návrat k původním aktivitám, bez nutnosti extrakce kovu), ale i nevýhody, ke kterým patří reakce na cizí těleso, osteolýza, vstup odloučeného polymeru do kloubní dutiny nebo pozdní zánětlivá reakce. V našem souboru byly upřednostněny klasické implantáty. Je preferováno použití **gracilnějších implantátů (3,5 mm)**, samozřejmě při zachování kvality stability po osteosyntéze.

Délka dlahy na fibule ve vztahu k linii lomu (u typu B podle Weberovy klasifikace) či lomné zóně (u typu C) byla změřena na RTG snímcích a stala se také předmětem výzkumu v **experimentální části** (kapitola 8).

Při ošetření zlomeniny vnitřního kotníku je zajímavé porovnání osteosyntézy dvěma **spongiózními 4,0 mm šrouby s bikortikálně zavedenými 3,5 mm kortikálními šrouby**. Komprese je v prvním případě zajištěna „lag by screw design“ a v druhém „lag by method“ [45,110,115,117]. Ricci a spol. a Parada a spol. ve svých pracích uvedli, že druhá varianta je stabilnější a má lepší biomechanické, radiologické a klinické výsledky [110,117]. Hodnocení našeho souboru nás však opravňuje považovat metodu se spongiózními šrouby za dostačující s tím, že umožňuje variabilnější směrové zavedení v souladu s velikostí úlomku a směrem lomné linie. My jsme bikortikálně zavedené šrouby použili v případě větší velikosti fragmentu vnitřního kotníku a možnosti zavést šrouby co možná nejvíce kolmo na lomnou linii. Fowler a spol. ve své studii zmínili výhody cerkláže vnitřního

kotníku u osteoporotických zlomenin a menší fragmentů [45]. Dumigan a spol. provedli porovnání fixace zlomenin vnitřního kotníku dlahou a pouhými šrouby s lepšími výsledky dlahové osteosyntézy u vertikálních linií lomu [39]. Pestrost typů ošetření dokresluje i závěry Parkera a spol., kde na rozdíl od AO školy je upřednostněno použití krátkého spongiózního šroubu pro jeho lepší fixaci než u delší varianty fixované v měkké spongiózní kosti distální tibie [111]. Anatomické varianty poranění mediálních struktur byly podrobně popsány již v roce 1979 Pankovicheem a spol. [108].

V případě, kdy není přítomna zlomenina vnitřního kotníku, provádíme ve shodě s literárními údaji buď operační revizi a suturu deltového vazy nebo postupujeme v indikovaných případech bez operační revize [20,118,145].

Ošetření odlomené **zadní hrany** je součástí komplexního ošetření dalších stabilizačních struktur (distální fibula, mediální kotník, syndezmóza). Indikace k její osteosyntéze jsou předmětem stále většího zájmu v literatuře a ukazuje se rostoucí důležitost jejího provedení [19,50,137]. Jaskulka a spol. uvedli, že dlouhodobé výsledky jsou horší v případech zlomeniny zadní hrany, a to včetně drobných abrupcí. Poukázali na úzký vztah zlomeniny zadní hrany a incidenci artrózy při neprovedení její osteosyntézy [73]. Tejwani a spol. poukázali na horší výsledky v jednom roce po operaci u nestabilních zlomenin hlezna v případech, kdy byla přítomna zlomenina zadní hrany [137]. Do popředí se dostává exaktní CT diagnostika, nutná k indikaci, volbě operačního přístupu a přesné klasifikaci poranění [19]. Názory na důvod indikace a typ provedení osteosyntézy zadní hrany představili ve své práci Gardner a spol. Uvedli, že při zvážení, zda provést osteosyntézu zadní hrany, hraje větší roli důležitost její stabilizační funkce než velikost odlomené zadní hrany na RTG snímku [50].

Suprasyndezmální šroub, poranění syndezmózy. Přítomnost suprasyndezmálního šroubu ve spektru ošetření zlomenin hlezna predikuje existenci závažnějšího poranění s možnými a častějšími poúrazovými komplikacemi [7,17,94,139,140]. V našem souboru byl použit suprasyndezmální šroub u typu B v 11 % případů a u typu C v 86 %. Van Bekerom a spol. uvedli snižující se frekvenci používání suprasyndezmálního šroubu [140].

OMA hodnocení ukázalo signifikantně nižší hodnotu ($p = 0,013$) u pacientů při použití suprasyndezmálního šroubu u typu C ve srovnání s jeho použitím u typu B. Obdobné výsledky jsou uvedeny i v literatuře [150].

Výsledky našeho souboru nás opravňují doporučit **CT vyšetření** u typu C a trimaleolárních zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace (předoperačně i pooperačně k posouzení stavu ošetřené syndezmózy). U typu A a uni- a bimaleolárních zlomenin typu B lze vystačit některých případech s provedením základních RTG snímků, i když u stavů s nejasným poraněním stabilizačního aparátu hlezna je provedení CT také vhodné.

V souladu se závažností poranění syndezmózy a jejího exaktního ošetření preferujeme **otevřenou revizi** oblasti syndezmózy pod kontrolou zraku před indirektní repozicí pod skiaskopickou kontrolou. Obdobné závěry jsou prezentovány i v literatuře [141,152].

Bohatě je v písemnictví diskutována **technika zavedení suprasyndezmálních šroubů**. Kontroverzní názory se týkají typu použitého šroubu (3,5 či 4,5 mm), trikortikálního nebo tetrakortikálního zavedení, výšky zavedení šroubů nad kloubní plochou talu, indikace extrakce šroubů,

biomateriálů [17,26,37,60,64,87,130,139]. V souladu s AO manuálem se snažíme o jeho zavedení suprasyndezmálně, v 30° sklonu, rovnoběžně s horní plochou talu, 2–5 cm nad kloubem [119].

V práci Stufkense a spol. [134] je u typu C podle Weberovy klasifikace uvedeno u zlomeniny **fibuly v distální a střední třetině** provedení její osteosyntézy (kombinace suprasyndezmálního šroubu a dlahy), u **proximální třetiny** je preferováno ke stabilizaci použití dvou suprasyndezmálních šroubů (Maissonnevova zlomenina).

Zdůraznit je nutno problematiku případů s **linií lomu v oblasti kolem středu fibuly**. Zde může být diskutováno, zda provádět na fibule osteosyntézu pouze dvěma suprasyndezmálními šrouby nebo dlahou v oblasti, kde může být riziko poranění důležitých struktur. Provedli jsme proto **zhodnocení různých skupin pacientů s použitým suprasyndezmálním šroubem**. Z výsledků je patrné, že byla v našem souboru nalezena nejvyšší průměrná hodnota OMA při použití suprasyndezmálního šroubu v případech zlomenin typu B (94,3). Použití pouze dvou suprasyndezmálních šroubů v těchto případech (lom ve středu fibuly) nám vykazalo nejnižší průměrnou hodnotu OMA (73,4). Tento problém jistě tímto nabízí širší pole k diskusi o typu výkonu a koreluje spíše s názorem na provedení osteosyntézy fibuly i v této lokalizaci, samozřejmě při pečlivé operační technice [134].

Jiné typy stabilizace, uváděné v literatuře (např. Mlčochova klíčka, suture-button, biomateriály), v našem souboru nebyly použity a nemáme s nimi praktické zkušenosti [26,60,104,124].

Nezanedbatelné riziko představuje **Maissonneuvova zlomenina**, která může být v korelaci s její morfologií často přehlédnuta a vést k závažným komplikacím ve výsledcích léčby. Sproule a spol. uvedli 14 % případů, kdy nebyla poznána v iniciální fázi vyšetření [130], Meril dokonce 45 % [102] a příčina je uváděna nejčastěji v absenci klinického nálezu na proximální části fibuly [130]. Její incidence je v literatuře uváděna kolem 5 % všech chirurgicky léčených zlomenin hlezna [130,134]. V našem souboru se objevila u 16 pacientů (4,5 %), s průměrným věkem 41 let a převahou mužů (13 mužů a tři ženy). Sproule a spol. uvedli podobné výsledky (průměrný věk 35 let a soubor 12 mužů a dvou žen) [130].

K posouzení je důležité klinické vyšetření hlezna a celého bérce. Kromě RTG pomáhá při diagnóze nestabilního poranění CT a MRI. Pak je z důvodu omezení následků tohoto závažného typu poranění indikována operační revize a osteosyntéza dvěma suprasyndezmálními šrouby.

Pooperační komplikace a jejich vztah ke specifickým situacím

Poškození měkkých tkání má vliv na dlouhodobý funkční výsledek, čemuž odpovídají i výsledky našeho pozorování. Významný vliv na růst pooperačních ranných komplikací jsme zjistili u pacientů s otevřenými zlomeninami a velkou dislokací na úrazovém RTG snímku. Průměrné OMA hodnocení bylo v těchto případech nižší. Ovaska a spol. uvedli nižší incidenci dehiscencí rány a povrchných infekcí (4,6 %) než my (12,6 %), ale mírně vyšší zastoupení hlubokých infektů (1,8 % oproti 1,1 %) [107]. Je třeba však zdůraznit, že jsme v našem souboru do povrchných komplikací velmi přísně řadili jakoukoliv, i drobnou nekrózu či dehiscenci rány bez zjevné infekce s nekomplikovaným zhojením. Problematika komplikací včetně léčby je předmětem řady literárních prací [63,85,155].

Problematika ORIF u starší populace s osteoporózou. V literatuře je popsáno vyšší procento pooperačních komplikací u starších pacientů [5,52,93,143,154]. Zaghoul a spol. uvedli ve své práci průměrné zastoupení komplikací u pacientů ve věku nad 60 let 21,5 % [154]. Anderson a spol. referovali kolem 40 % komplikací ve svém souboru pacientů nad 65 let [5]. Lynde a spol. uvedli dokonce 61 % komplikací a 11 % infekcí [93]. Srinivasan a spol. ve své práci upozornili na signifikantní riziko nekrózy rány s prodlouženým hojením, ale relativně nízký počet hlubokých infektů (1 %) [131]. Výsledky našeho souboru potvrdily větší zastoupení komplikací u starších pacientů nad 70 let ($p = 0,003$).

Otevřené zlomeniny. Výskyt otevřených zlomenin nebyl v oblasti hlezenního kloubu častý (3,8 %), ale jednalo se většinou o závažné stavy. Ahmad Hafiz a spol. uvedli ve svém souboru operovaných zlomenin hlezna 23,7 % otevřených zlomenin [2]. Při OMA hodnocení otevřených zlomenin oproti zavřeným byl v našem souboru patrný velký bodový deficit ve srovnání se zavřenými zlomeninami. Lze konstatovat, že v celém spektru námi použitých parametrů při hodnocení stavu po operaci zlomeniny hlezna byl rozdíl o 21,9 bodů ($p = 0,001$), přítomný u srovnání otevřených a zavřených zlomenin, **nejvýznamnější**. Také pooperačních komplikací se vyskytlo u otevřených zlomenin více. V případě povrchních infekcí, nekrotizací a dehiscencí se jednalo o 41,7 % oproti 11,5 % u zavřených zlomenin.

Obezita a BMI. Řada autorů uvedla ve svých sděleních, že obézní pacienti měli závažnější poranění, vyšší riziko perioperačních komplikací a horší funkční výsledky než pacienti s nižším BMI [69,133]. V našem souboru pacienti s typem C podle Weberovy klasifikace měli signifikantně vyšší BMI než pacienti s typem A. Podobné závěry vztahu obezity k typům Weberovy klasifikace uvedli Strauss a spol., Chaundry a spol. a King a spol. [68,84,133]. Straus a spol. uvedli, že pacienti s BMI pod 30 měli spíše infrasyndezmální léze a u pacientů s BMI nad 30 byly nalezeny léze trans- či suprasyndezmální [133]. Zajímavý a logický je závěr Böstmana, který našel vyšší průměrnou hodnotu BMI u pacientů, u nichž došlo ke ztrátě repozičního postavení kloubu se selháním fixace. V jeho práci bylo u obézních pacientů doporučeno použití pevnějších materiálů pro vnitřní fixaci a prodloužení intervalu nezatěžování končetiny v pooperačním období [27]. V souhlase s literaturou jsme názoru, že obézní pacienti by měli mít stejný standardní léčebný protokol jako normální populace, a to i přes všeobecně uznávané vyšší riziko. Roli rizikových faktorů však v léčbě těchto stavů nelze podceňovat. Při hodnocení po jednom roce od operace bylo v našem souboru nalezeno signifikantně nižší OMA u vyššího BMI ($p=0,036$).

Diabetes mellitus. Vliv přítomnosti **diabetes mellitus** je u většiny autorů spojen všeobecně s rizikem častějších pooperačních komplikací [150,151]. V našem souboru je patrna vyšší incidence povrchních infektů a nekrotizací u pacientů s diabetes mellitus (tabulka 26), ale celkové množství pooperačních ranných infekcí včetně nezávažných stehových píštělí neprokázalo signifikantní rozdíl ($p = 0,408$). Podobný názor o neexistenci velkých rozdílů v komplikacích prezentovali ve své práci Jones a spol. [78].

Průměrné hodnoty OMA byly v našem souboru však výrazně nižší v případě skupiny s diabetem.

Následné stavy a komplikace

Artróza. Naše výsledky potvrzují všeobecně prezentované závěry o negativním vlivu pórůzových artrotických změn na subjektivní i objektivní hodnocení stavu hlezna a zhoršení funkčního stavu [10,51,72]. Pacienti s artrózou měli signifikantně nižší průměrné OMA hodnocení a také byl patrný jeho sestupný trend v korelaci se stupněm artrotických změn. Častější vznik artrotických změn byl pozorován u žen, vyšších věkových kategorií, pacientů s obezitou a ve spojení se závažnějším typem poranění hlezna v době úrazu (otevřené zlomeniny, větší dislokace talokrurálního kloubu).

Synostózy v oblasti distálního tibiofibulárního spojení byly v našem souboru zjištěny u závažných typů poranění hlezenního kloubu, ale i u jednoduchých zlomenin. V literatuře jsou popisovány i po izolovaných ligamentózních poraněních oblasti hlezna [81]. Byly nalezeny pouze u typu B a C podle Weberovy klasifikace, což odpovídá závěrům v literatuře [3,139].

Za příčinu jejich vzniku je všeobecně považován hematoma po kostním nebo měkkotkáňovém poranění hlubokých struktur hlezenního kloubu (vazy, interoseální membrána) [4,25,48,98,139].

Podrobně se sledováním širšího spektra ukazatelů zabývali Hinds a spol., kteří uvedli aplikaci suprasyndezmálního šroubu, mužské pohlaví a tibiotalární dislokaci jako signifikantní faktory pro vznik pooperačních distálních tibiofibulárních synostóz [59]. Podobné výsledky jsme zjistili i v našem souboru. V literatuře je popsán vyšší výskyt u pacientů po zlomenině typu C [3,96]. Také závažnější poranění tkání s velkou tibiotalární dislokací vedlo k signifikantně vyšší incidenci synostóz. Peňa a kolektiv dali přítomnost bioabsorbovatelných šroubů do souvislosti s vyšším výskytem synostóz [112]. Při sledování vlivu doby přítomnosti suprasyndezmálního šroubu v hleznu na vznik osifikací jsme nenašli signifikantní rozdíl.

V našem souboru bylo potvrzeno v soulase s literárními údaji, že synostózy nezpůsobují většinou závažné funkční problémy a subjektivní negativní pocity, a to i přes často pokročilé radiologické nálezy [3,60,61].

Určitou prevencí jejich vzniku je exaktní ošetření tibiofibulární dislokace, k němuž řadíme adekvátní repozici a stabilizaci včetně pečlivého stavění krvácení jako prevenci hematoma měkkých tkání hlezenního kloubu. Chirurgické léčení osifikací tibiofibulární syndezmózy je vzácné, přistupuje se k němu převážně u mladých aktivních sportovců nebo při větších subjektivních obtížích a klinických následcích [3,139].

Omezení hybnosti hlezna. Velká dislokace na úrazovém snímku a přítomnost odlomené zadní hrany byla spojena spíše s omezením obou druhů pohybu (dorziflexe i plantiflexe). Z výsledků hodnocení je patrna nejlepší subjektivní tolerance stavu po zlomenině hlezna u deficitu pouze v plantární flexi a nejhorší při současném omezení obou rozsahu pohybů.

6.9. Závěr

Cílem analýzy bylo doplnění informací v problematice zlomenin hlezna zhodnocením klinického souboru pacientů operovaných pro tuto zlomeninu. Závěry provedeného rozboru nám mohou pomoci ukázat na souvislosti morfologie poraněných struktur hlezna s algoritmem vyšetření a očekávanými výsledky léčby.

Hodnocení výsledků u typu B podle Weberovy klasifikace nám dovoluje konstatovat, že v případě zlomeniny vnitřního kotníku lze předpokládat zlomeninu zadní hrany spíše než lézi deltového vazy. U krátké linie lomu na fibule je spíše pravděpodobnost současné zlomeniny vnitřního kotníku, a naopak u dlouhé linie lomu lze očekávat častěji lézi deltového vazy. U poranění mediálních struktur bylo po operaci luxační zlomeniny hlezna prokázáno signifikantně lepší hodnocení v případě léze deltového vazy oproti pacientům se zlomeninou vnitřního kotníku. Všeobecně se vyšší hodnocení podle Olerudova a Molanderova skóre vyskytlo v případech, kdy na úrazovém RTG snímku byla přítomna delší linie lomu na fibule, menší úlomek zadní hrany a menší dislokace talokrurálního kloubu.

Hodnocení výsledků u typu C podle Weberovy klasifikace ukazuje, že v diagnostickém algoritmu je patrné více pacientů s lézí deltového vazy u zlomeniny fibuly v její horní části a více zlomenin vnitřního kotníku u zlomeniny fibuly v její dolní části. Byla zjištěna častější přítomnost velké talokrurální dislokace na úrazovém RTG snímku u zlomeniny fibuly v její dolní části, a naopak. To potvrzuje souvislost s větším rizikem přehlédnutí luxační zlomeniny hlezna u Maissonneuvovy zlomeniny, kdy je linie lomu v horní části fibuly doprovázena spíše lézí deltového vazy a objevuje se riziko přehlédnutí luxační zlomeniny hlezna. Zlomenina v horní části fibuly je převážně dvojúlomková a v její dolní části víceúlomková.

Operační léčba. Lze konstatovat, že použití klasických implantátů a standardních postupů zaručuje odpovídající správné výsledky léčby, srovnatelné s literaturou. Byla zmíněna problematika specifických situací, u kterých je nutno někdy mírně upravit algoritmus léčby.

Hodnocení podle OMA skórovacího systému ukázalo zhoršení výsledků léčby od typu A k typu C podle Weberovy klasifikace, pokles s rostoucím věkem pacientů a signifikantně lepší hodnocení u mužů, a to bez ohledu na typ zlomeniny. Výsledné hodnocení snižovala přítomnost větší dislokace v hlezenním kloubu po úrazu. Pacienti se dvěma suprasyndezmálními šrouby vykazovali horší hodnocení oproti případům s jedním suprasyndezmálním šroubem i oproti případům bez jeho použití. Aplikace suprasyndezmálního šroubu u zlomeniny typu B byla spojena s lepším hodnocením než při jeho použití u typu C podle Weberovy klasifikace. Pro praxi je důležité u typu C zjištění horšího hodnocení v případě linie lomu v oblasti střední části fibuly při ošetření pouze dvěma suprasyndezmálními šrouby ve srovnání s použitím dlahové osteosyntézy. Tu lze tedy v těchto případech doporučit i přes vědomí rizikové oblasti – fibulární nerv a hlubší uložení fibuly.

Při hodnocení pooperačních ranných komplikací bylo nalezeno jejich větší zastoupení u pacientů staršího věku, s diabetes mellitus, obezitou, otevřenými zlomeninami a větší dislokací na úrazovém RTG snímku.

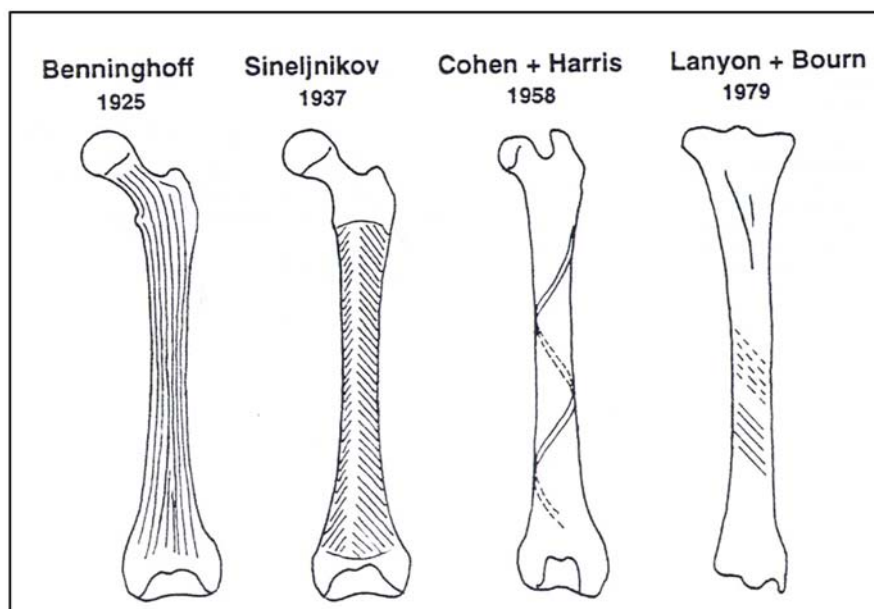
U pozdních komplikací bylo nalezeno horší hodnocení u pacientů s poúrazovou artrózou. V soulase s literárními údaji se významně nelišilo hodnocení pacientů se synostózami či nekompletním kostním přemostěním oblasti syndezmózy.

7. Strukturální uspořádání distálního konce fibuly

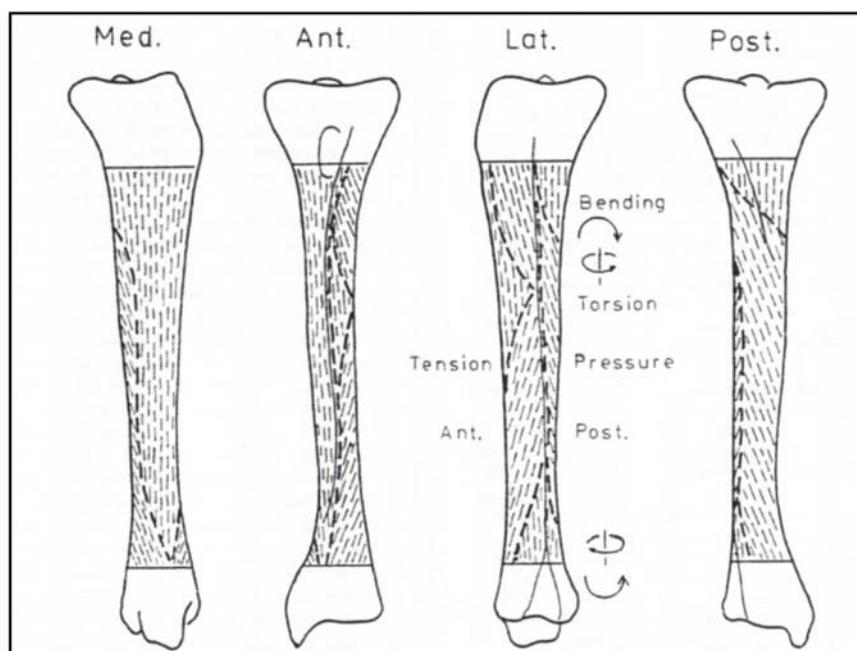
7.1. Úvod

Jedním z aspektů ovlivňujících průběh lomné linie na distální fibule při zlomeninách hlezna je kvalita kosti reprezentovaná jejím chemickým složením a mikroskopickou strukturou. Z literatury je známý i fakt, že tělo lýtkové kosti je pro svůj minimální nosný přínos v oblasti bérce používáno k různým typům štěpů při léčbě defektů dolní čelisti, hlavice femuru, různých ponádorových defektů dlouhých kostí a podobně [42,90,129]. Taylor a spol. popsali toto možné použití poprvé již v osmdesátých letech minulého století [136].

Analýze struktury kortikální kosti se dosud detailně věnovala řada autorů [9,23,24,32,57,58,127]. Tito autoři se však zabývali pouze diafýzami dlouhých kostí nebo studiem kostí plochých (obrázky 33 a 34). Stále tak chybí detailní morfologický popis směru průběhu osteonů v kortikální kosti koncových částí dlouhých kostí, tedy i fibuly, ačkoliv Beraudi a spol. se již fibule ve své práci věnovali. Popsali typologii osteonů ve fibule, nicméně opět bez distální oblasti (vnější kotník) [24].



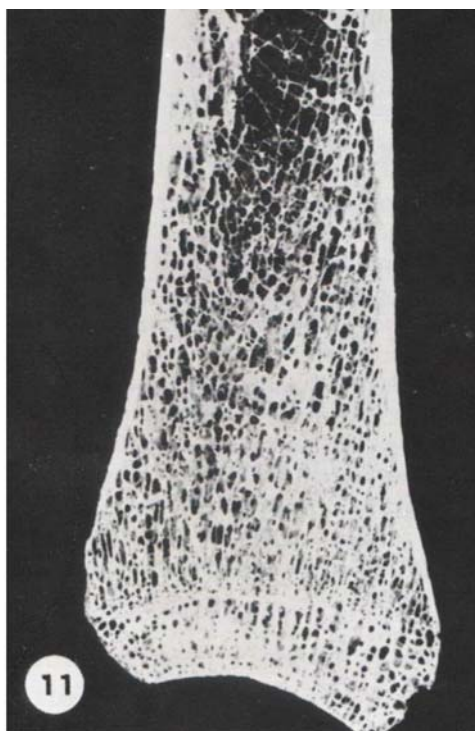
Obr. 33. Zobrazení průběhu osteonů podle vybraných autorů.



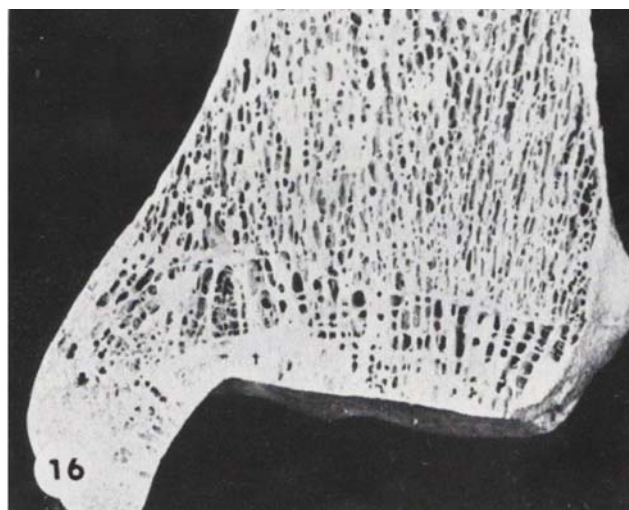
Obr. 34. Průběh osteonů v diafýze tibie podle Heřta, Fialy a Petrtýla.

Již v roce 1892 Wolff postuloval, že vnitřní architektura kostní tkáně (kortikální i spongiózní) má závislost na dominantním namáhání tlakem či tahem [149]. Uspořádání trámčů spongiózní kosti, zejména z pohledu její přestavby v reakci na zátěž, se dominantně ve své práci věnovali Fiala a spol. [44].

Popsali obecná pravidla tvorby systémů trámčů u jednotlivých kostí v závislosti na dominantním namáhání tlakem či tahem (obrázek 36) [44], které tak mohou představovat jeden z aspektů pro vznik a průběh lomné linie. Popis u fibuly chybí, omezili se na studium tibie (obrázek 35).






























a/



b/

Obr. 35. Uspořádání trámčů v distální části tibie (podle Fialy a Heřta): a – boční pohled, b – předozadní pohled.

TYPE OF JOINT AND ITS LOADING	BONE	CORONAL SECTION	SAGITTAL SECTION	TRANSVERSE SECTION
Primary spongiosa - growth structure	Metaphyses			
P R E S S U R E S Y S T E M S				
UNI-DIRECTIONAL LOADING	Vertebral body			
MULTI-DIRECTIONAL LOADING a) concave surface	Acetabulum			
b) convex joint surface epiphysis	Femoral head			
c) convex joint surface metaphysis	Femoral neck			
ONE-PLANE LOADING Uniaxial joint a) concave surface	Lower tibia			
b) convex surface	Upper tibia			
BILATERAL BENDING	Lumbar vertebra-spinous process			
T E N S I O N S Y S T E M S				
	Patella			

Obr. 36. Příkladů obecných pravidel architektury spongiózní kosti (podle Fialy a Heřta).

Vzhledem k tomu, že téma této práce bylo zaměřeno také na studium morfologie distální fibuly, a také proto, že porozumění strukturálnímu uspořádání kortikální i spongiózní kosti může ovlivnit chápání klinických souvislostí, byla zkoumána přítomnost a směřování osteonů v kortikální kosti a dále popisován systém uspořádání trámců spongiózní kosti v distální části fibuly.

7.2. Materiál a metodika

7.2.1. Výbrusy centrálních cévních kanálů distální fibuly – zobrazení osteonů

Struktura kortikální kosti byla analyzována na pěti suchých preparátech lidské lýtkové kosti metodou povrchových výbrusů autorů Heřt a spol. [58]. Po zbrúšení povrchových lamel po celém obvodu diafýzy a distálního konce lýtkové kosti jsme vetřením červené, modré a zelené tuše zobrazili směr a uspořádání centrálních cévních kanálů systémů „haversky“ uspořádaných lamel. K několikastupňovému vybroušení jsme použili řadu brusných papírů se stále jemnějším vzorem (Carborundum Eletrite 400, 800, Schmirgelpapier SIA C560, Silicon Carbide Waterproof 800, 1200) a k vyleštění povrchu kosti brusné pasty (Rexin by Werner a Mertz). Opakovaným vybrušováním jsme postupovali do hloubky a zobrazili tak síť těchto kanálů a získali reálnou představu o prostorovém průběhu osteonů. Vytvořili a hodnotili jsme výbrusy na pěti suchých preparátech distální fibuly ze sbírek Ústavu anatomie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, kdy kosti nebyly rozlišeny podle věku ani pohlaví. Používali jsme pouze kosti dospělých jedinců, kde fýzy již nebyly patrné. Ze dvou již vybroušených preparátů byly zhotoveny také příčné a podélné řezy s výbrusy. Tyto výbrusy umožnily vyloučit zobrazení artefaktů v povrchové periostální lamelové kosti.

7.2.2. Zobrazení spongiózní kosti pomocí μ CT

Struktura spongiózní kosti byla sledována na 10 suchých preparátech lidské lýtkové kosti. Vzorky byly skenovány pomocí μ CT skeneru, který je k dispozici na Středoevropském technologickém institutu (CEITEC) v Brně. Žádný z použitých preparátů nevykazoval známky poranění nebo onemocnění kostní tkáně, kosti nebyly rozlišeny podle věku ani pohlaví. Skenování bylo provedeno v rozlišení, kdy velikost pixelu byla 0,07 mm a tloušťka jednotlivých řezů byla 0,0699 mm. Celkově bylo ve sledovaném distálním konci fibuly získáno pro každý vzorek fibuly 1906 transverzálně orientovaných snímků. Rekonstrukce geometrie distálního konce lýtkové kosti byla provedena ve speciálním zobrazovacím programu (Mimics, Materialise, Belgie).

7.3. Výsledky

7.3.1. Výbrusy centrálních cévních kanálů distální fibuly – zobrazení osteonů

Průběh haverských systémů je podélný v ose lýtkové kosti, tedy v ose dominantní zátěže (obrázek 37).



a/



b/



c/

Obr. 37. Průběh osteonů (ve směru šipek): a – laterálně, b – ventrálně, c – dorzálně.

Na jednotlivých stranách je směr osteonů mírně deviován laterodistálním či mediodistálním směrem od probíhajících hran kosti (*margo*) v odpovědi na torzní síly přenášející se na distální konec fibuly (obrázek 38).



a/



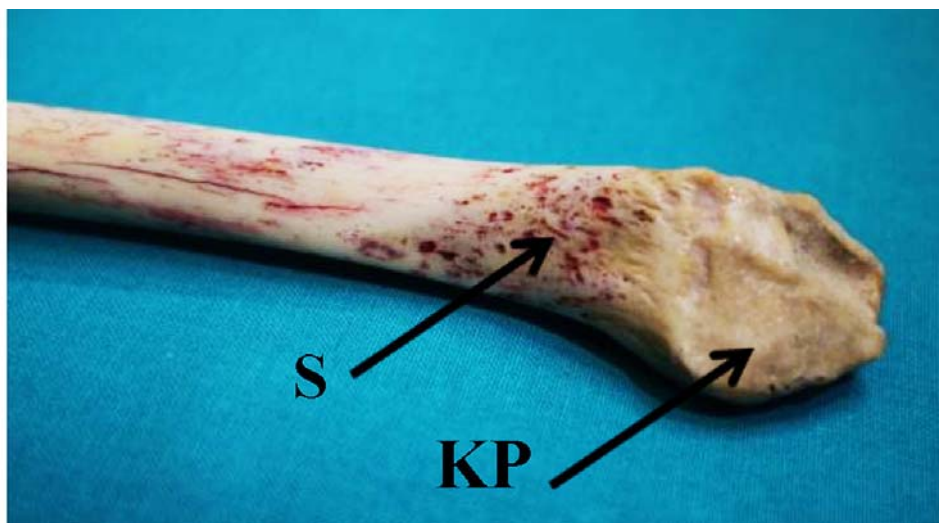
b/



c/

Obr. 38. Deviace systémů osteonů od dlouhé osy kosti (ve směru šipek):
a – laterálně, b – ventrálně, c – dorzálně.

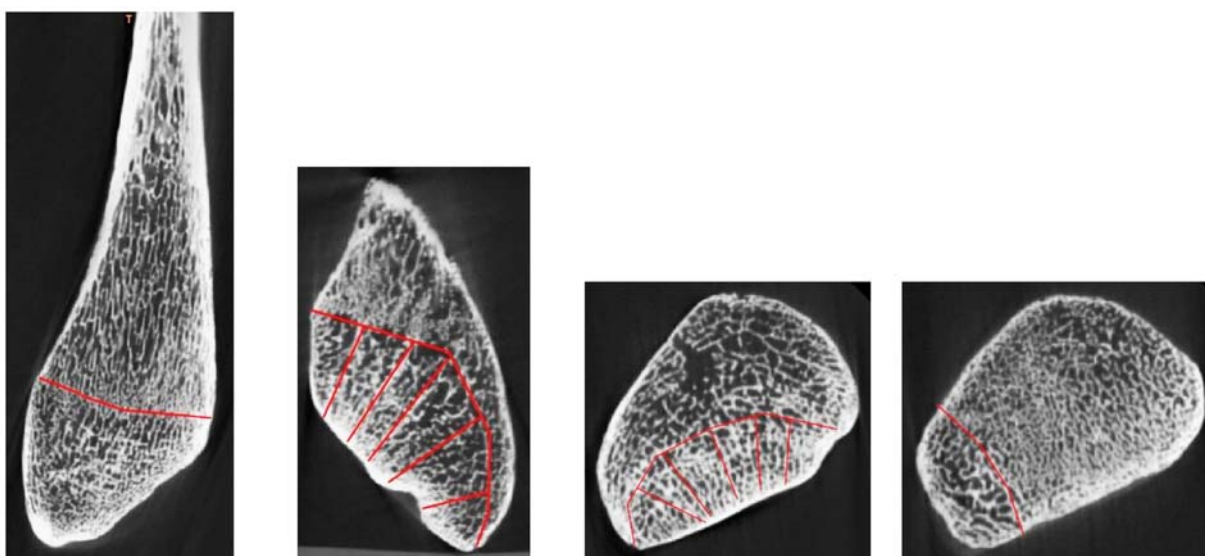
Systémy osteonů byly přítomny od místa počátku zkoumání, tzn. od poloviny diafýzy distálně, výjimku tvoří kloubní plochy a místo *syndesmosis tibiofibularis* (obrázek 39).



Obr. 39. Oblast *syndesmosis tibiofibularis* (S – syndezmóza, KP – kloubní plocha).

7.3.2. Zobrazení spongiózní kosti pomocí μ CT

Pod kloubní plochou *facies articularis malleoli lateralis* je patrná orientovaná nosníková stavba kostní tkáně. Další výrazně orientované systémy trámců byly identifikovány jak na podélných, tak příčných řezech (obrázek 40). Na obou je červenou linkou zvýrazněn přechod mezi orientovanou architekturou kosti a oblastí, ve které orientace kostní tkáně není významně patrna.



Obr. 40. μ CT řezy se zobrazením systémů trámců a jejich orientace (červeně).

7.4. Diskuze a závěr

Řada autorů se zabývala průběhem a uspořádáním osteonů, ale jejich výsledky nejsou jednotné. Většinou se liší použitými metodami, například lomné linie u Benninghofa, rekonstrukce osteonů u Cohena s Harrisem, matematickým modelováním u Heřta a Báči či použitím histologických metod Beraudiovou [9,23,24,32,57,58,127].

V předkládané studii byly k zobrazování osteonů použity povrchové výbrusy podle Heřta a spol. [58]. Naše morfologické poznatky z oblasti distálního konce fibuly nemají korelát s údaji v literatuře, neboť autoři se touto oblastí prakticky nezabývali.

Vzhledem k všeobecnému povědomí o dominantní úloze tibie jako nosné kosti bérce a s tím souvisejícím používáním fibuly jako štěpu pro vyplňování různých kostních defektů, byla představa o struktuře distální fibuly taková, že přítomné osteony budou velmi řídké. Naše výsledky však ukazují, že fibula je namáhána také **přenosem torze**, což je zohledněno velmi jemnou deviací systémů od jednotlivých hran fibuly. Van den Bekerom a spol. uvedli ve své práci, že při chůzi je axiální zátěž na hlezenní kloub 5,2krát větší než hmotnost těla a 17 % z toho je vztaženo na fibulu [141].

Nosníková stavba spongiózní kostní tkáně, kterou jsme popsali pod kloubní plochou, je optimální pro přenos tlakových sil, které vznikají při kontaktu lýtkové kosti s tibií. Stejně tak jsou popsány oblasti, ve kterých orientace systémů označuje směr dominantního namáhání. Kostní tkáň se svou strukturou adaptuje na vnější zatížení tak, že její výsledné uspořádání je optimální k přenosu mechanického zatížení [47,67]. V oblastech bez této orientace, jak je vidět na obrázcích, působí síly z různých směrů, z nichž ve výsledku žádný nedosahuje dominance, a tedy žádná síla nezískává zásadní vliv na přestavbu trámčiny v daném směru. Místa přechodu orientovaných systémů v méně orientované systémy, stejně jako oblasti rozhraní systémů osteonů kortikální kosti, mohou mít vliv na vznik průběh lomných linií na distálním konci fibuly.

V této části práce jde především o zlepšení pochopení morfologických souvislostí tohoto regionu s ohledem na klinickou problematiku a případně o rozšíření množiny objektivních morfologických dat pro budoucí biomechanické analýzy zlomenin hlezna.

8. Experimentální biomechanické analýzy

8.1. Úvod

V traumatologické praxi je důležitá volba správné metody při chirurgickém ošetření zlomeniny hlezna. Typ osteosyntézy má úzký vztah k morfologii zlomenin oblasti hlezenního kloubu. To nás vedlo k experimentální studii, která má vztah k základním parametrům **stability ošetření zlomeniny distálního konce fibuly**, a to napětí a tuhosti v oblasti zavedení osteosyntetického materiálu do kosti. V korelaci s klinickými zkušenostmi a poznatky z literárních zdrojů jsme chtěli získat údaje a závěry o stabilitě různých typů osteosyntéz distální fibuly v rovině experimentální.

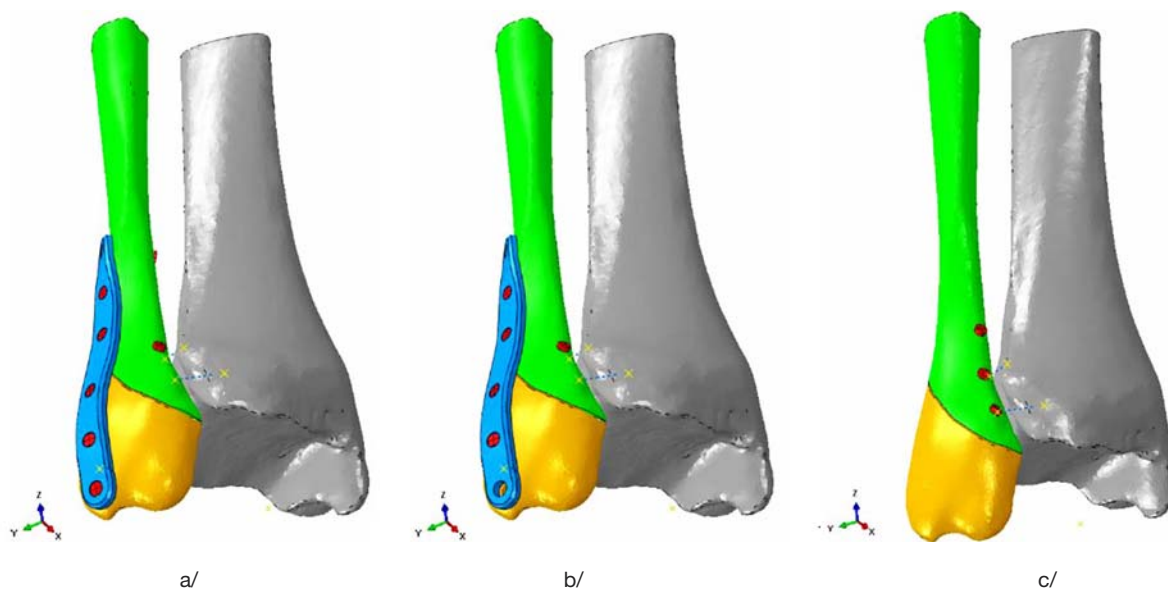
8.2. Materiál a metoda

Metoda konečných prvků (MKP) je velmi účinná a vhodná metoda pro realizaci simulace zatížení kostí s fixovanou zlomeninou [66,77,144] a má dlouholetou tradici v biomechanice, klinické medicíně, ale i strojírenství a dalších oborech. Předmětem níže uvedených numerických analýz bylo zjištění odezvy modelovaného systému lýtkové kosti s fixovanou zlomeninou na působící fyziologické zatížení a porovnání několika způsobů fixace zlomeniny fibuly, které jsou běžné v klinické praxi. Hodnoceny byly tři modely fibuly se zlomeninou typu B podle Weberovy klasifikace fixované: a) dlahou s třemi šrouby proximálně a distálně, doplněné tahovým šroubem mimo dlahu (model A3), b) dlahou s dvakrát dvěma šrouby a tahovým šroubem (model A2) a c) pouze třemi tahovými šrouby (model B) (obrázky 27 a 28). U všech analyzovaných modelů bylo modelováno *ligamentum tibiofibulare posterius*. Přední tibiofibulární vaz byl považován za přetržený a interoseální membrána byla intaktní. Parametrické MKP simulace zatížení fibuly s fixovanou zlomeninou byly provedeny ve výpočtovém programu (Abaqus Dassault Systèmes, Francie).

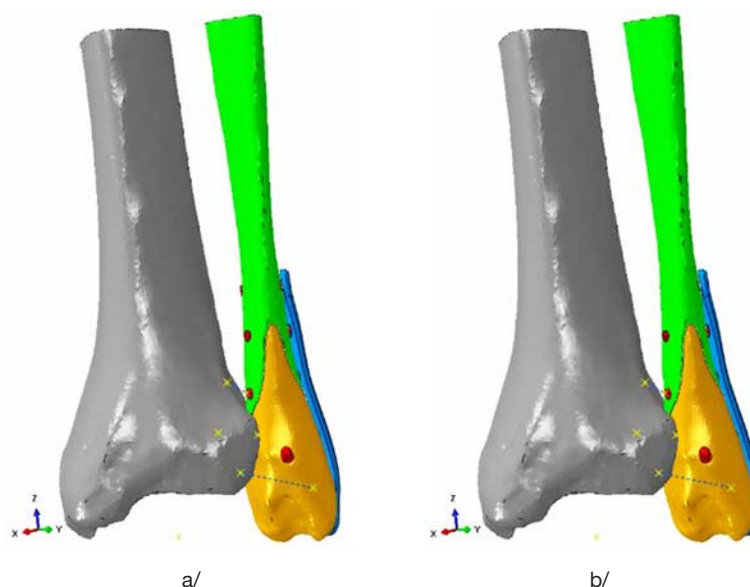
8.2.1. Geometrie výpočtového modelu

Geometrický model hlezenního kloubu byl vytvořen z CT snímků zdravého jedince, bez zjevných poranění či degenerativních změn. Snímky byly vytvořeny v rozlišení 512x512 pix, kdy velikost pixelu byla 0,42 mm a vzdálenost jednotlivých řezů byla 0,75 mm. Rekonstrukce geometrie jednotlivých částí hlezenního kloubu (distálního konce lýtkové a holenní kosti) byla provedena v programu Mimics (Materialise Belgie). Výstupem z rekonstrukce obrazových dat byla

3D povrchová plocha výše uvedených částí objemového modelu ve formátu STL. Na takto vytvořeném 3D geometrickém modelu byla následně v programu Rhinoceros (Robert McNeel) na základě reálného klinického případu vytvořena zlomenina lýtkové kosti typu B podle Weberovy klasifikace. Fixace zlomeniny byla provedena pomocí konvenční třetinové dlahy, fixačních a tahových šroubů velikosti 3,5 mm. Výsledná geometrie a uspořádání všech analyzovaných modelů je uvedena na obrázku 41 a 42.



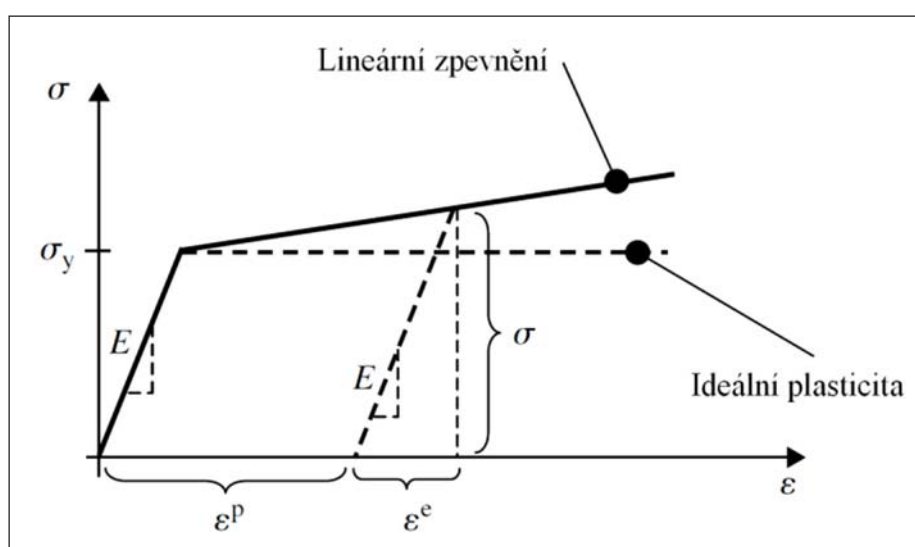
Obr. 41. Analyzované modely hlezenního kloubu s fixovanou zlomeninou lýtkové kosti:
a – model A3, b – model A2 a c – model B (předození pohled).



Obr. 42. Analyzované modely hlezenního kloubu s fixovanou zlomeninou lýtkové kosti:
a – model A3, b – model A2 (zadopřední pohled).

8.2.2. Materiálové modely

Pro všechny kovové části modelu (dlaha, fixační a tahové šrouby) byl ve všech realizovaných výpočtových analýzách aplikován homogenní elasto-plastický izotropní materiálový model s materiálovými parametry $E = 210 \text{ GPa}$, $\nu = 0,3$, $\sigma_y = 690 \text{ MPa}$. Charakteristika tohoto materiálového modelu je uvedena na grafu 19, kde je znázorněna idealizovaná závislost mezi napětím σ a deformací ε při jednoosé tahové zkoušce. Na grafu je uvedena mez kluzu σ_y , při jejímž překročení dochází k lineárnímu zpevnění materiálu. Po překročení meze σ_y nedojde po odlehčení tělesa k návratu do původního stavu, ale projeví se již vzniklé plastické deformace ε_p . Pokud by nedošlo k překročení meze σ_y , projevila by se pouze elastická deformace ε_e , která by při odlehčení tělesa úplně vymizela.



Graf 19. Klasická dekompozice deformace ε v elastické a plastické oblasti. Převzato z [40].

Kostní tkáň je z pohledu technických aplikací nehomogenním anizotropním visko-elastickým materiálem. Její exaktní popis dostupnými matematickými prostředky je proto velmi komplikovaný a v provedených numerických analýzách bylo nutno přistoupit k určitému zjednodušení popisu těchto materiálových vlastností. Kostní tkáň byla modelována jako nehomogenní izotropní elasto-plastický materiál, kde jeho materiálové parametry byly určeny v závislosti na hustotě kostní tkáně $E=f(\rho)$ stanovené z CT snímků. Materiálové vlastnosti byly pro každý element stanoveny v závislosti na hustotě kostní tkáně ρ [g/cm^3]. Tato hustota byla určena v závislosti na stupni šedé barvy u CT snímků distálního konce lýtkové kosti podle vztahu [43],

$$\rho = 1.54\rho_{\text{CT}} + 0,0784 \quad (1)$$

kde ρ [g/cm^3] je hustota kalibračního vzorku. Elastické moduly pružnosti E [MPa] byly pro oba typy kostní tkáň (kompaktní „kom“ a spongiózní „sp“) určeny pomocí vztahu [79,82,89]

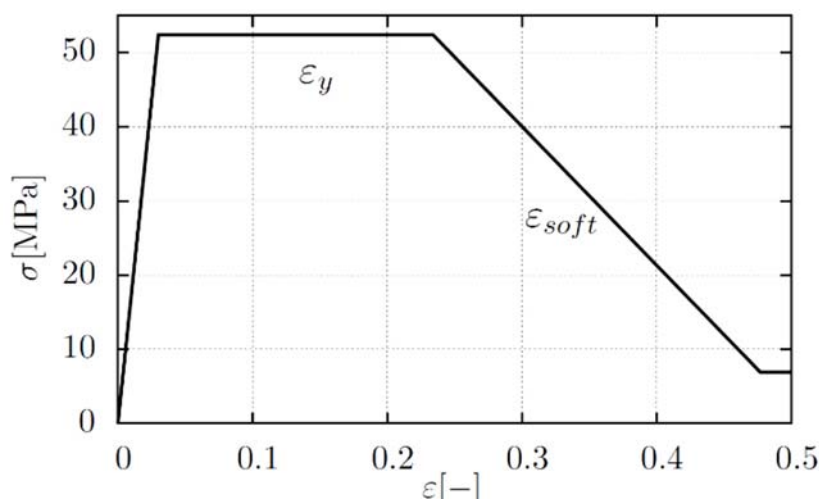
$$E^{\text{kom}} = 2065\rho^{3,09} \quad E^{\text{sp}} = 1904\rho^{1,64} \quad (2)$$

$$\nu^{\text{kom}} = \nu^{\text{sp}} = 0.3$$

Stejným způsobem byla stanovena hodnota meze kluzu σ_y [MPa] jako funkce závislá na hodnotě hustoty kostní tkáně podle

$$\begin{aligned}\sigma_y^{km} &= 57.75\rho^{1.73} && \text{pro } \rho \geq 0.945 \\ \sigma_y^{sp} &= 57.75\rho^{1.73} && \text{pro } \rho < 0.945\end{aligned}\quad (3)$$

Pro větší přiblížení reálného chování kostní tkáň byla ve výpočtových analýzách kostní tkáň modelována také jako materiál, u kterého dojde po překročení mezního zatížení k degradaci jeho mechanických vlastností. Tuto vlastnost lze v jistém přeneseném smyslu chápat jako "porušení" kostní tkáň [82]. Nejlépe ilustruje tyto modelované vlastnosti graf 20, kde je ukázána závislost mezi napětím a deformací.



Graf 20. Specifikace materiálových vlastností. Ukázka závislosti napětí σ [MPa] na poměrné deformaci ε [-] pro kostní tkáň, kde ε_y [-] je plastická deformace a ε_{soft} [-] je změkčení kostní tkáň po porušení.

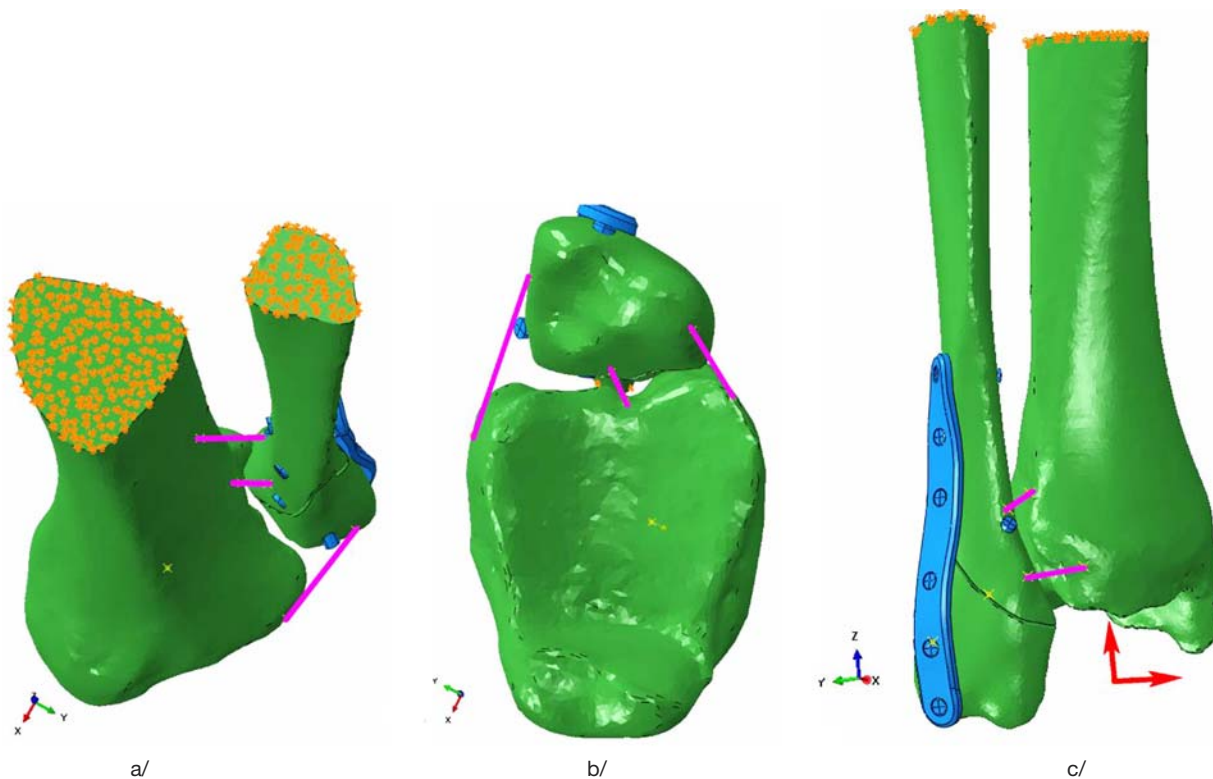
Jednotlivé hodnoty jednoznačně popisující chování materiálového modelu při překročení σ_y byly stanoveny opět v závislosti na hustotě kostní tkáň ρ podle

$$\begin{aligned}\sigma_{min} &= 8.5\rho^{1.73} && \varepsilon_y = 0.258\rho - 0.04 \\ E_{soft} &= -244\rho^{2.2} && \varepsilon_y = \left| \frac{\sigma_y - \sigma_{min}}{E_{soft}} - \varepsilon_y \right|\end{aligned}\quad (4)$$

Stejný postup byl využit i pro modelování materiálových vlastností osteoporotické kostní tkáň. U spongiózní kostní tkáň (index *sp*) byly sniženy materiálové parametry definovány dle rovnic (2) a (3) o 50 %.

8.2.3. Okrajové podmínky a zatížení modelu

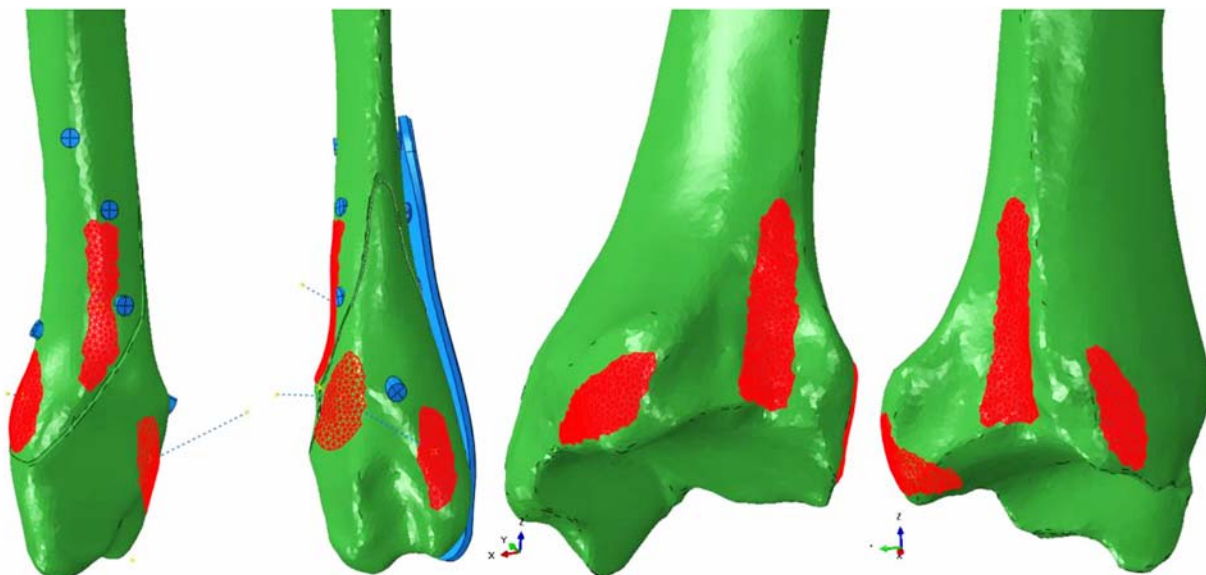
Předmětem zájmu provedených analýz bylo určení odezvy kostní tkáně při zatížení modelu distálního konce fibuly v závislosti na způsobu fixace její zlomeniny. Volný konec holenní a lýtkové kosti byl pevně fixován a byly mu odebrány všechny stupně volnosti (obrázek 43).



Obr. 43. Výpočtový model se zvýrazněnými vazy, vazbovými a okrajovými podmínkami:
 a – detail uložení volného konce výpočtového modelu, pohled shora, b – pohled zdola na výpočtový model,
 c – celkový pohled na model a zavedené vnější zatížení.

Ligamentum tibiofibulare posterius bylo modelováno pomocí 1D „*connector elementy*“ typu Link, který měl pouze jediný stupeň volnosti. Tuhost vazy ($k = 128,8 \text{ N.mm}^{-1}$) byla zjištěna experimentálně. Vazy modelované pomocí „*connector elementy*“ byly ke kosti vázány pomocí vazbové podmínky „*kinematic coupling*“. Ta je používána v případě, že je potřeba řízeně svázat množství podřízených (slave) uzlů s kinematikou řídicího (master) uzlu. Svázat lze kinematiku uzlů v libovolném stupni volnosti. Plochy, na kterých byla aplikována tato vazbová podmínka, odpovídají reálné anatomické situaci napojení vazů ke kosti (obrázek 44).

Celý analyzovaný model byl zatížen silou odpovídající maximální síle působící v hlezenním kloubu při došlapu. Velikost síly odpovídá pomalé chůzi člověka s váhou 75 kg. Tato reakční síla (obrázek 43c) se složkami $F_z = 2\,056 \text{ N}$ a $F_y = -288 \text{ N}$ byla distribuována do kloubní plochy hlezenního kloubu pomocí vazbové podmínky „*distributed coupling*“. Ta je používána v případě, že je potřeba řízeně distribuovat zatížení z řídicího (master) uzlu do množství podřízených (slave) uzlů. Distribuce zatížení probíhá na základě váhového faktoru w_i , který je předepsán každé skupině svázaných uzlů. Přičemž je zachována podmínka, že suma uzlových sil (a momentů) podřízených uzlů se rovná uzlovým silám (a momentům) referenčního uzlu.



Obr. 44. Napojení vazů ke kostní tkáni u vazů uvažovaných ve výpočtovém modelu.

Mezi jednotlivými fragmenty zlomeniny fibuly byl modelován normálový kontakt typu „*hard*“ s koeficientem tření $f = 0,3$. Tato vazba simulovala reálnou situaci, kdy nemůže dojít k vzájemnému proniknutí jednotlivých částí, ale je přípustné jejich vzájemné odlehnutí. Spojení kosti s fixačními a tahovými šrouby, spojení fixačních šroubů s dlahou bylo s ohledem na rychlost a stabilitu výpočtů modelováno pomocí vazby „*tie*“. Při použití tohoto specifického typu vazbové podmínky jde o spojení dvou dílů, které nemají stejnou topologii sítě a v omezené míře mohou mít různé typy elementů. Jedna z kontaktních ploch je plochou řídicí (master) a druhá podřízenou (slave). „*Tie*“ vazba umožňuje omezit tři posuvné a tři rotační stupně volnosti. Zjednodušeně si lze tuto vazbu představit jako „lepený spoj“. Současně bylo do fixačních a tahových šroubů zavedeno předpětí pomocí síly $F_0 = 2,5$ N.

Všechny výpočtové úlohy byly modelovány jako nelineární statické úlohy, které byly provedeny v programu Abaqus. Fixační šrouby byly vysítovány lineárními osmi uzlovými elementy s globální velikostí 0,6 mm. Dlahy byly vysítovány kvadratickými čtyřuzlovými elementy s globální velikostí 0,75 mm. Kostní tkáň byla vysítována lineárními čtyřuzlovými elementy s globální velikostí 1,5 mm, kdy v místě kontaktu s fixačními šrouby byla síť lokálně zahuštěna na velikost 0,9 mm.

8.3. Výsledky

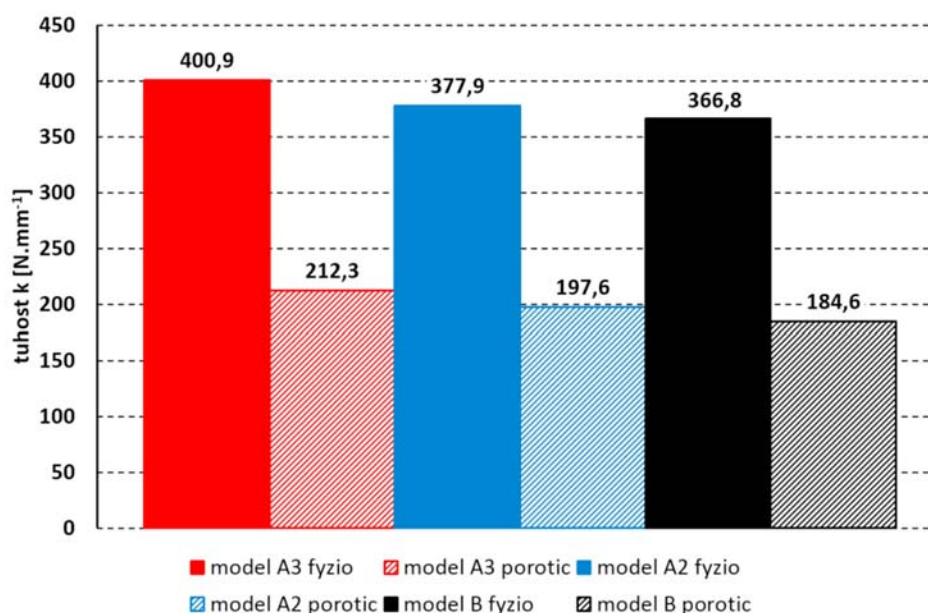
Cílem provedených výpočtových analýz bylo zjištění odezvy celého hodnoceného modelu na vnější zatížení. Výsledky provedených parametrických MKP analýz jsou přehledně uvedeny v tabulce 29, na grafech 21–24 a obrázcích 45–53. Pro hodnocení jednotlivých analyzovaných modelů byl zaveden parametr tuhosti k [$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$], definovaný jako $k = F/U_{max}$, kde F [N] je síla působící na hlezenní kloub a U_{max} [mm] je maximální posuv referenčního bodu lýtkové kosti při jejím zatížení silou F . Dalším hodnotícím parametrem byla velikost redukovaných

napětí σ_{red} [MPa], které je optimálním parametrem určující míru napjatosti dané části modelu. Všechny výše uvedené parametry byly zjišťovány pro oba typy kostní tkáně, kdy pro fyziologickou kostní tkáň jsou značeny s indexem „f“ a pro osteoporotickou kostní tkáň je zaveden index „p“.

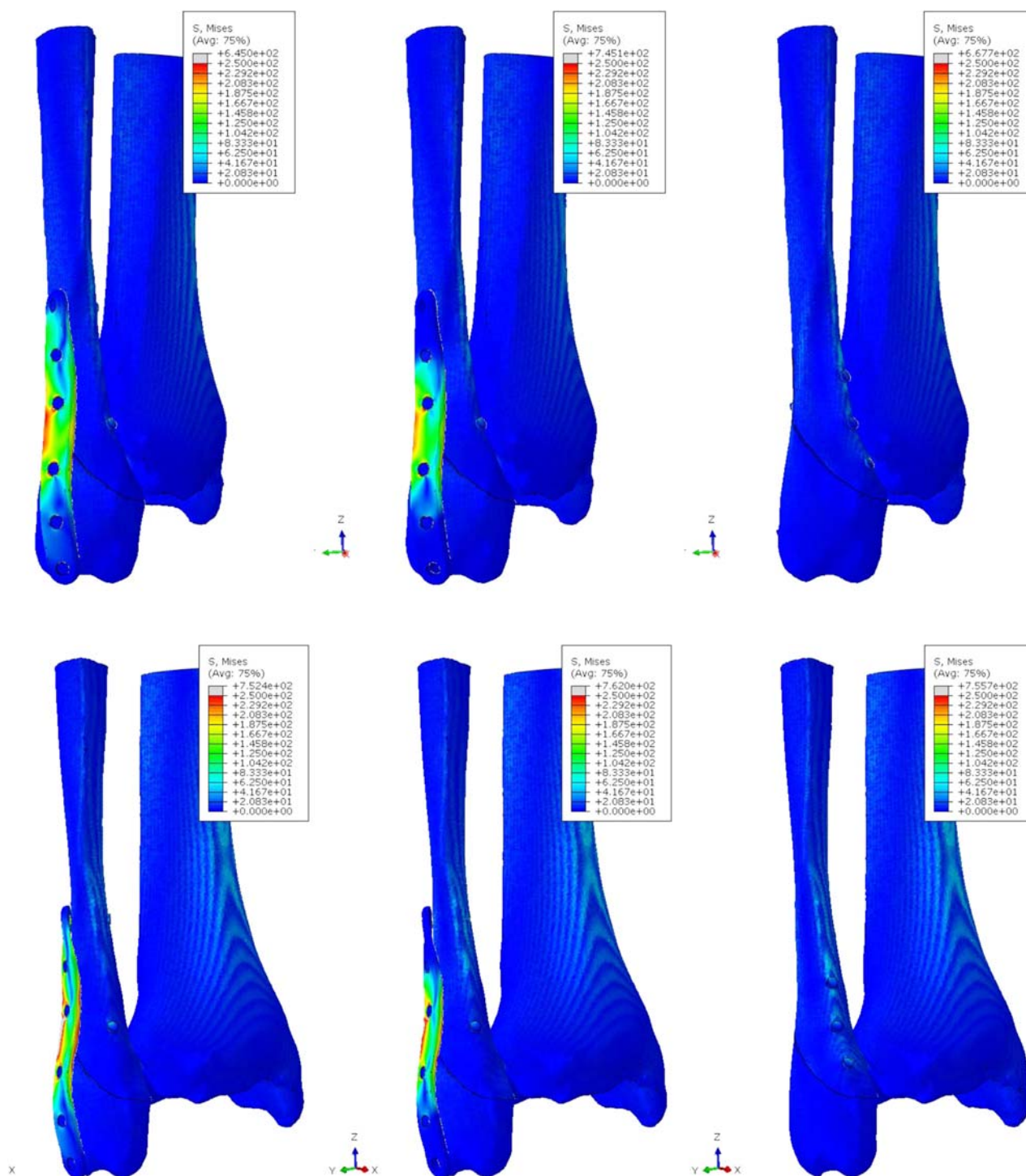
	σ_{red}^f [MPa]			k_f [N.mm ⁻¹]	σ_{red}^p [MPa]			k_p [N.mm ⁻¹]
	Fibula	Šrouby	Dlaha		Fibula	Šrouby	Dlaha	
Model A3	77,5	645,0	300,7	400,9	94,2	752,4	347,2	212,3
Model A2	116,3	745,1	259,5	377,9	122,1	762,0	321,2	197,6
Model B	93,4	667,7	N/A	366,8	95,5	755,7	N/A	184,6

Tab. 29. Tabulka výsledných maximálních hodnot redukovaného napětí σ_{red} [MPa] a celkové tuhosti k [N.mm⁻¹] u modelu hlezna s fixovanou zlomeninou lýtkové kosti.

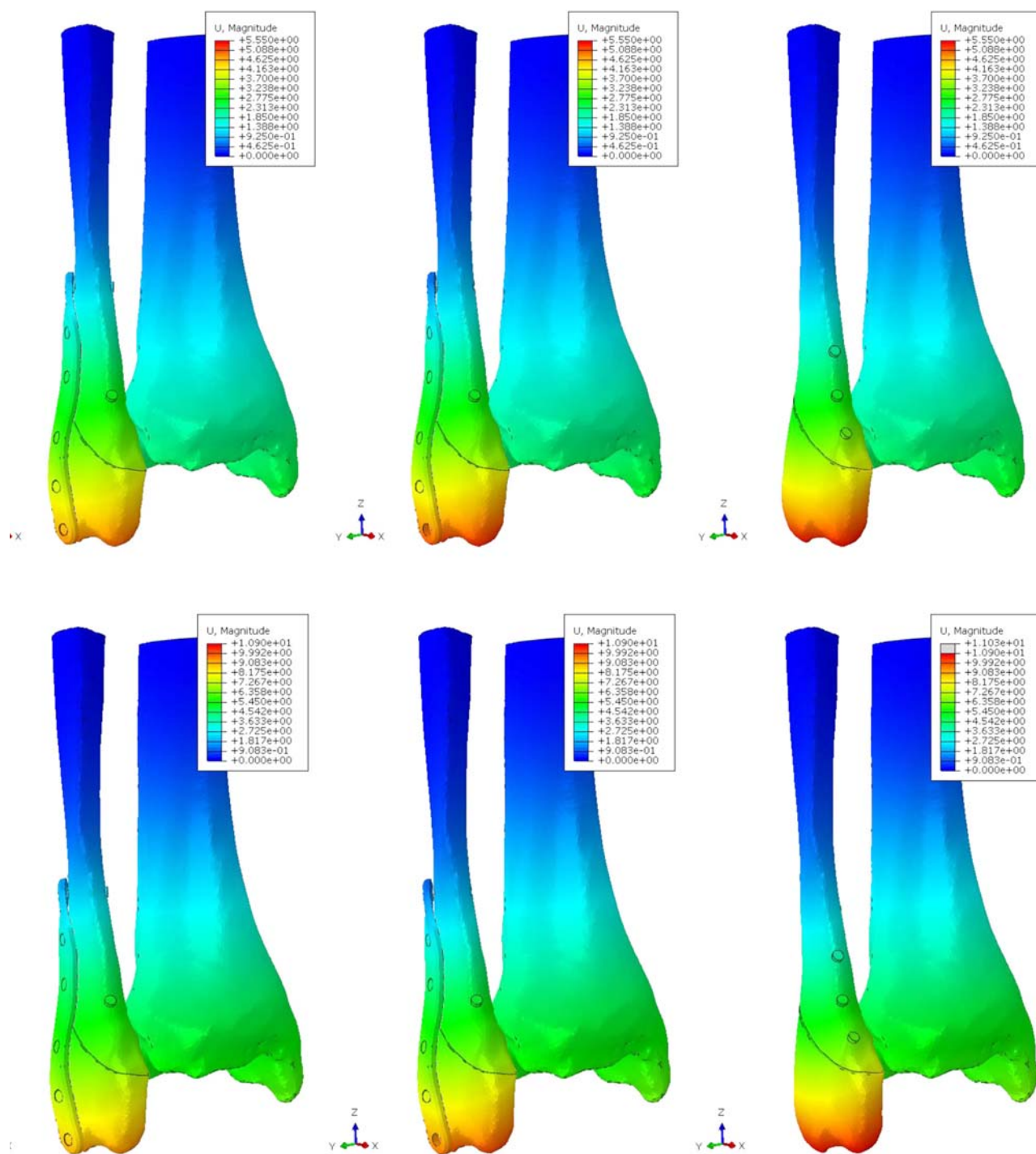
Hlavním parametrem pro hodnocení celého systému fixované zlomeniny lýtkové kosti je určení jeho **výsledné tuhosti**. Při porovnání celkové tuhosti je evidentní, že pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň je nejtužší model A3 ($k_f=400,9$ N.mm⁻¹ resp. $k_p=212,3$ N.mm⁻¹). U obou typů kostní tkáně byla zjištěna o 5,7 % resp. o 6,9 % menší tuhost modelu A2 ($k_f=377,9$ N.mm⁻¹ resp. $k_p=197,6$ N.mm⁻¹). Nejméně tuhý je u obou typů kostní tkáně model B ($k_f=366,8$ N.mm⁻¹ resp. $k_p=184,6$ N.mm⁻¹) a to o 8,5 % resp. o 13,0 % vzhledem k modelu A3 (graf 21, obrázky 45–46).



Graf 21. Zobrazení velikosti tuhosti k [N.mm⁻¹] celého modelu hlezenního kloubu s fixovanou zlomeninou lýtkové kosti.

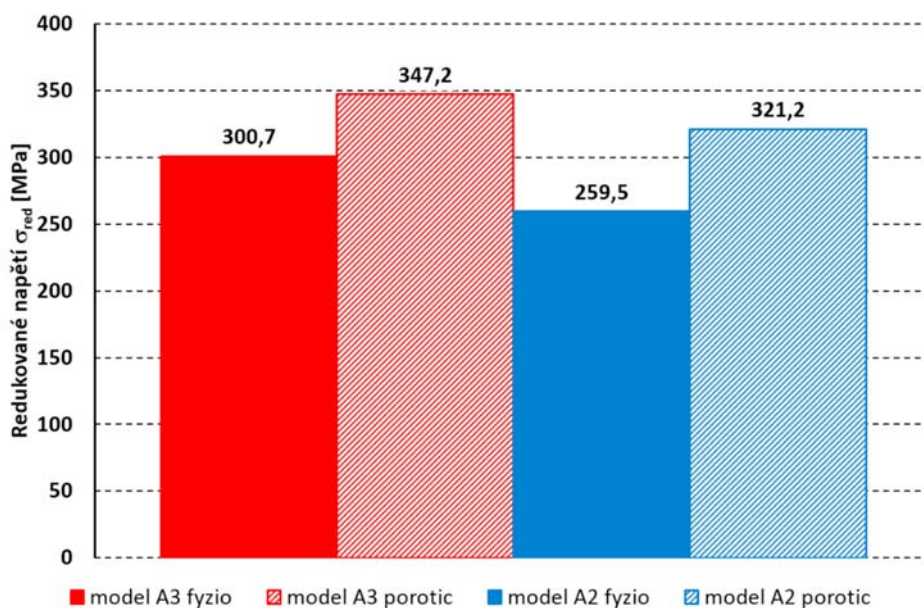


Obr. 45. Rozložení a velikost redukovaných napětí σ_{red} [MPa] na kompletním výpočtovém modelu lýtkové kosti s fixovanou zlomeninou. Model A3 (vlevo), A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.

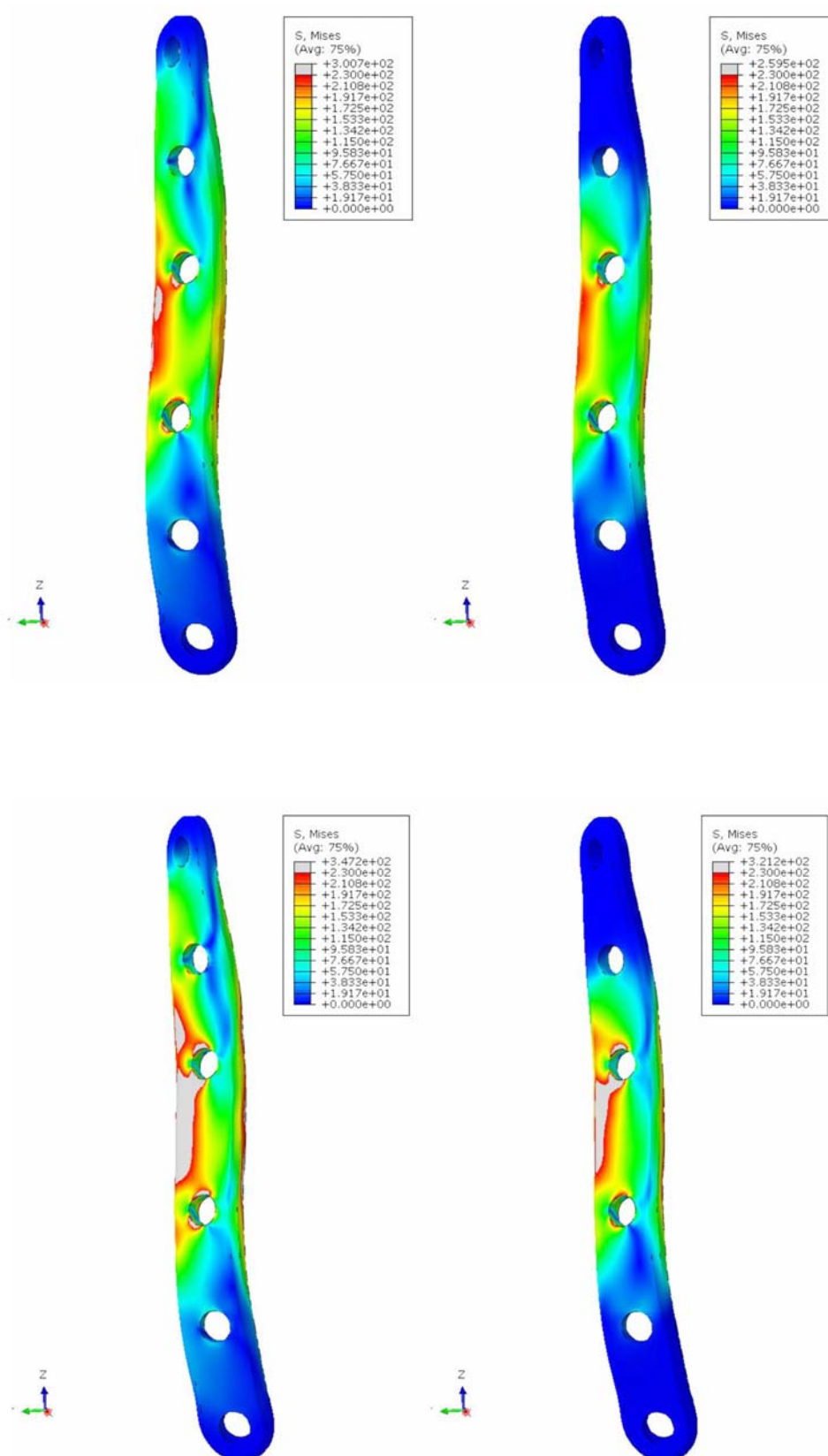


Obr. 46. Rozložení a velikost výsledných maximálních posuvů U_{max} [mm] na kompletním výpočtovém modelu lýtkové kosti s fixovanou zlomeninou. Model A3 (vlevo), A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.

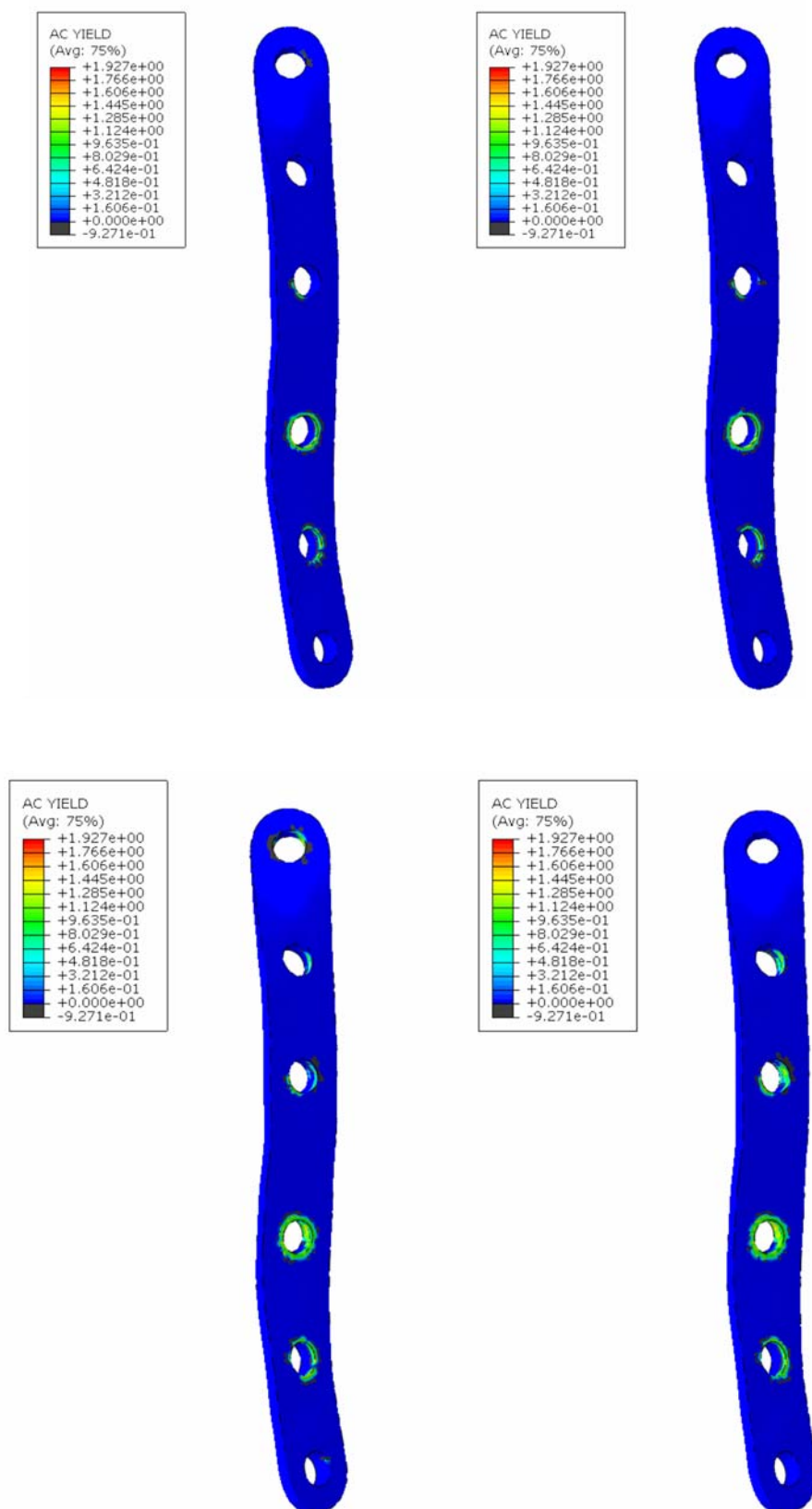
Pro hodnocení **napjatosti fixační dlahy** byla zvolena velikost redukovaného napětí σ_{red} [MPa]. U žádného z analyzovaných modelů nedošlo u fixační dlahy k překročení ani přiblížení se k jejím mezním materiálovým hodnotám. To platí pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň. Maximální zjištěné hodnoty redukovaného napětí σ_{red} u fixační dlahy byly: $\sigma_{\text{red}}^f = 300,7$ MPa resp. $\sigma_{\text{red}}^p = 347,2$ MPa pro model A3 a $\sigma_{\text{red}}^f = 259,5$ MPa resp. $\sigma_{\text{red}}^p = 321,2$ MPa pro model A2. Na základě získaných výsledků, lze konstatovat, že fixační dlahy je dimenzována dostatečně vzhledem ke svému zatížení, a to nezávisle na kvalitě kostní tkáně. Rozložení a velikost redukovaných napětí σ_{red} na dlahách pro fyziologickou a osteoporotickou kostní tkáň je patrné z grafu 22 a obrázku 47. Vzniklá trvalá poškození fixační dlahy jsou patrna na obrázku 48.



Graf 22. Zobrazení velikosti redukovaného napětí σ_{red} [MPa] fixační dlahy u modelů A3 a A2. V grafu jsou uvedeny výsledky pro variantu fyziologické a osteoporotické kostní tkáně.

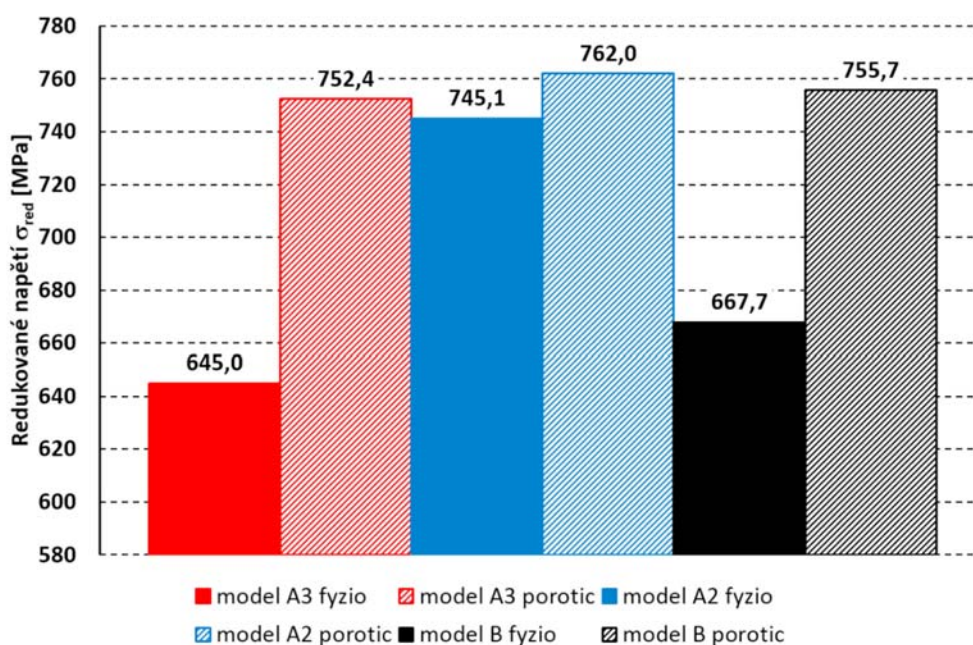


Obr. 47. Rozložení a velikost redukovaných napětí σ_{red} [MPa] na dleze v modelu A3 (vlevo) a A2 (vpravo) pro fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.

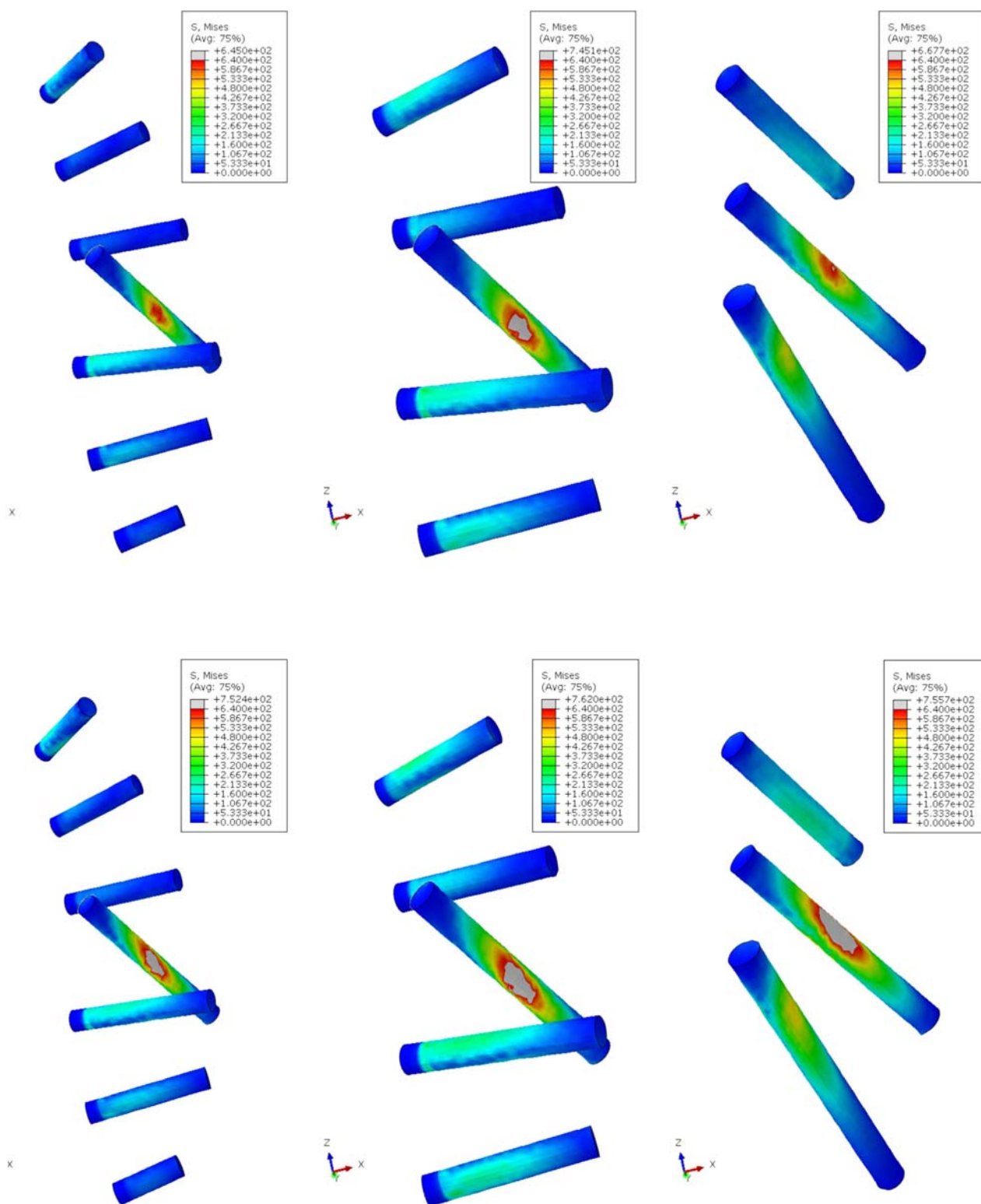


Obr. 48. Rozložení trvalých deformací na dlaze v modelu A3 (vlevo) a A2 (vpravo) pro fyziologickou kostní tkáň – nahoře, pro osteoporotickou kostní tkáň – dole.

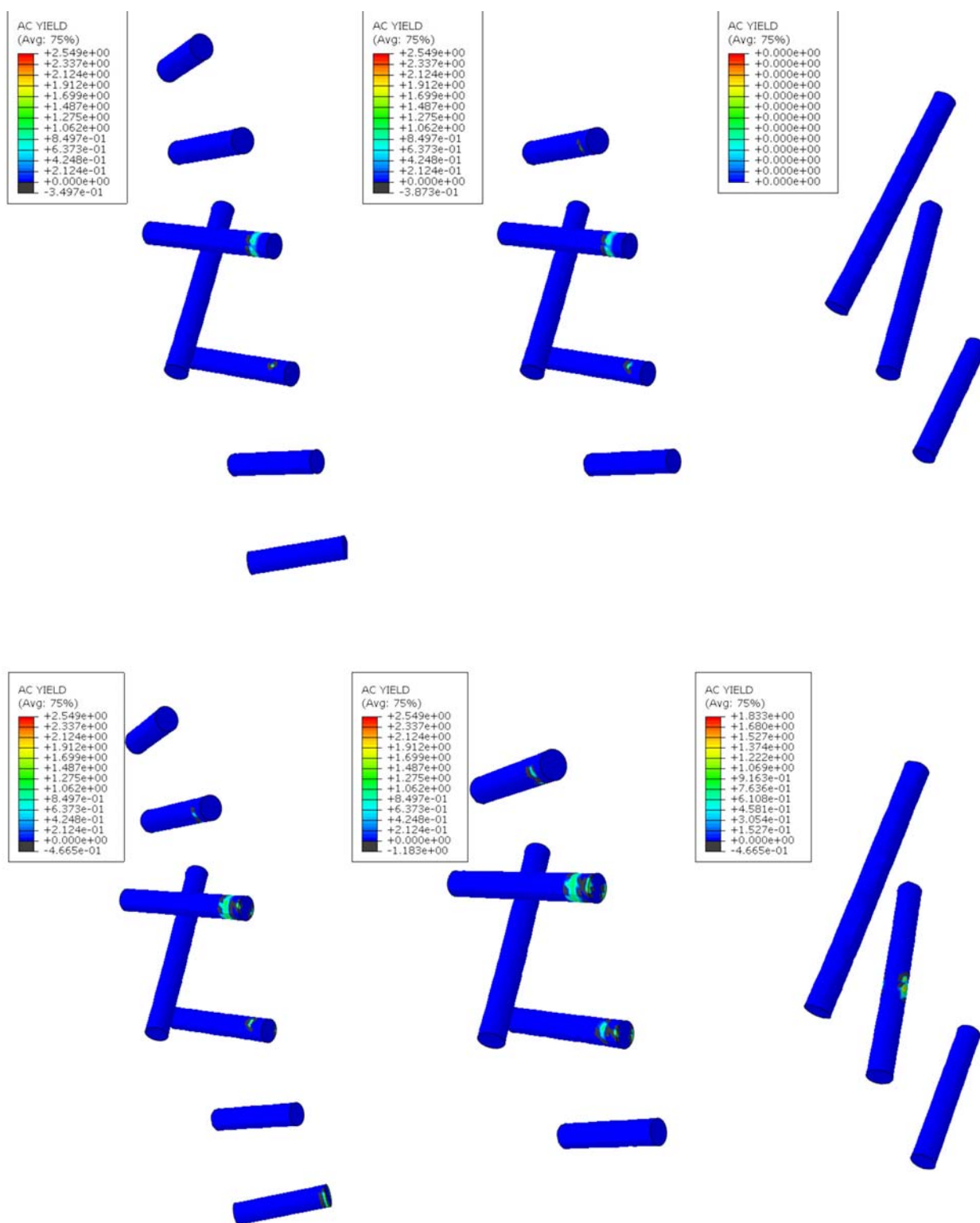
Odlišná je situace při hodnocení **zatížení fixačních šroubů**, kdy u všech analyzovaných modelů, nezávisle na kvalitě kostní tkáně, došlo k překročení limitní hodnoty meze kluzu σ_y . K překročení meze došlo vždy v poměrně malé oblasti, přesto však tato situace představuje riziko z pohledu spolehlivosti fixace zlomeniny lýtkové kosti. Maximální zjištěné hodnoty redukovaného napětí σ_{red} u fixačních šroubů byly: $\sigma_{red}^f = 645,0$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 752,4$ MPa pro model A3, $\sigma_{red}^f = 745,1$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 762,0$ MPa pro model A2 a $\sigma_{red}^f = 667,7$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 755,7$ MPa pro model B. Podle očekávání byly více zatíženy fixační šrouby při použití u osteoporotické kostní tkáně, kdy došlo k nárůstu velikosti maximálního redukovaného napětí vzhledem k hodnotám pro fyziologickou kostní tkáň o 16,6 % (model A3), o 2,2 % (model A2) a o 13,2 % (model B). Porovnání velikostí redukovaného napětí σ_{red} u fixačních šroubů je přehledně uvedeno na grafu 23. Rozložení a velikost redukovaného napětí σ_{red} u fixačních šroubů je pak na obrázku 49. Vzniklá trvalá poškození fixačních šroubů jsou patrná na obrázku 50.



Graf 23. Zobrazení velikosti redukovaného napětí σ_{red} [MPa] fixačních šroubů u všech analyzovaných modelů. V grafu jsou uvedeny výsledky pro variantu fyziologické a osteoporotické kostní tkáně.

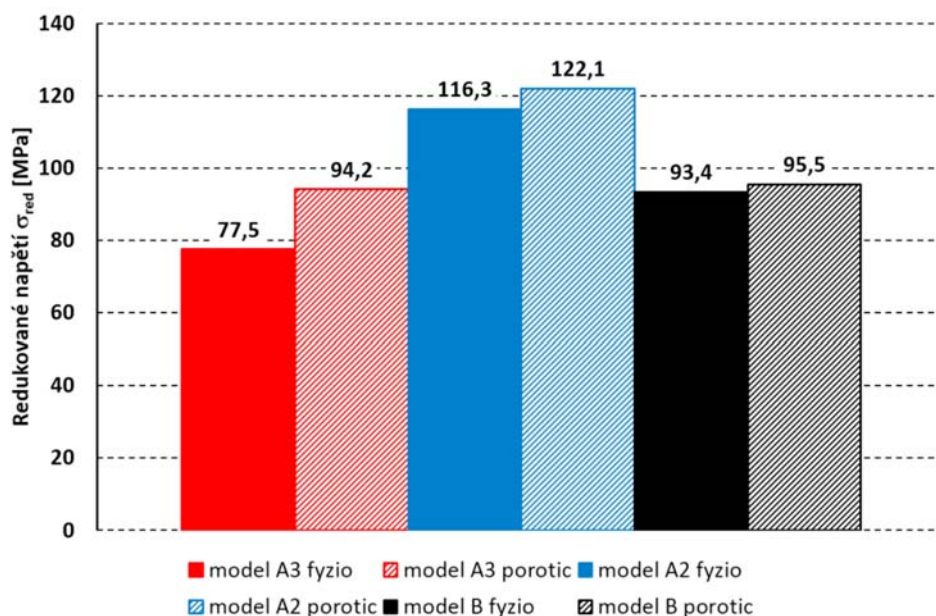


Obr. 49. Rozložení a velikost redukovaných napětí σ_{red} [MPa] na fixačních šroubech v modelu A3 (vlevo) a A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro: fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.

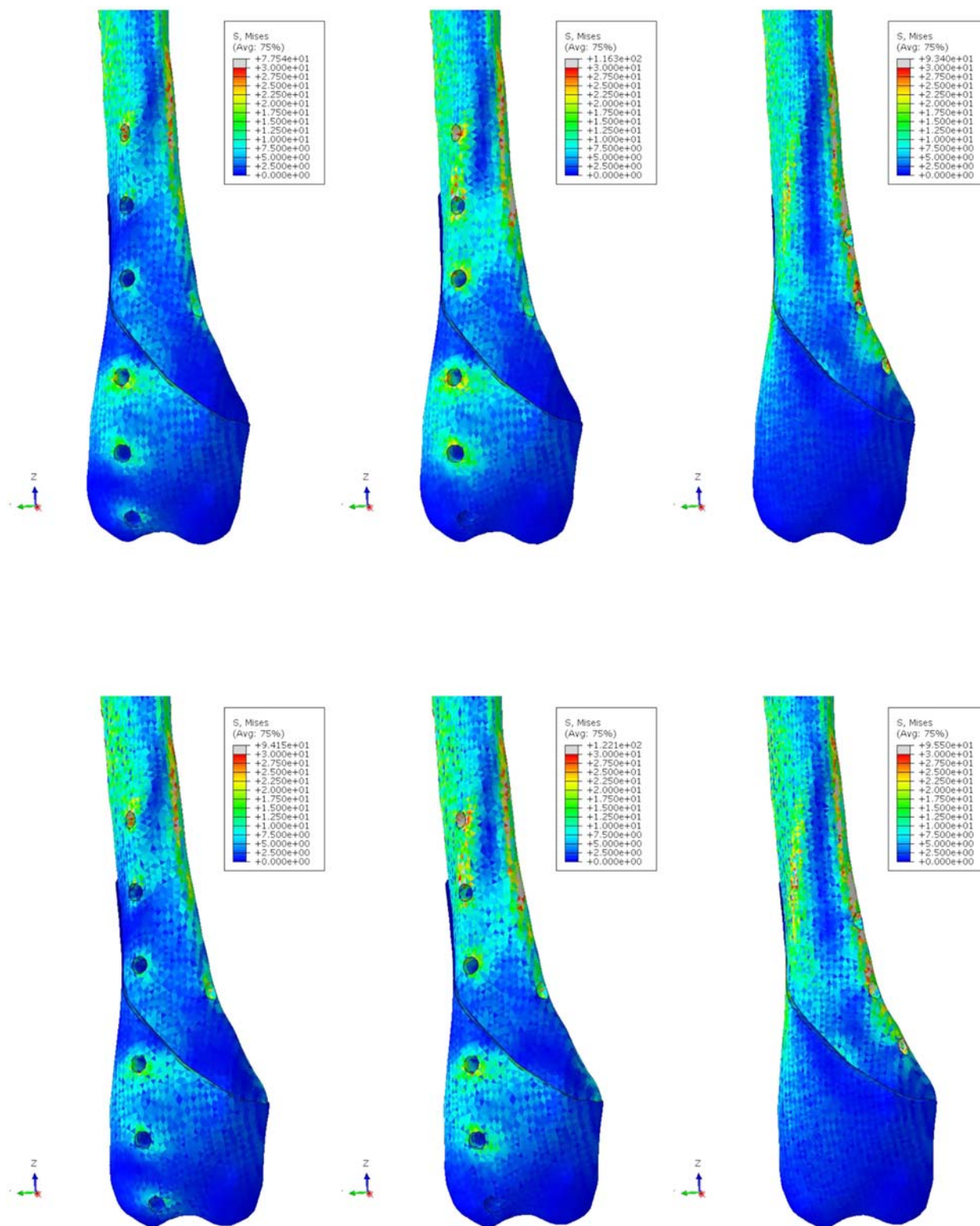


Obr. 50. Rozložení trvalých deformací fixačních šroubů v modelu A3 (vlevo) a A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro: fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.

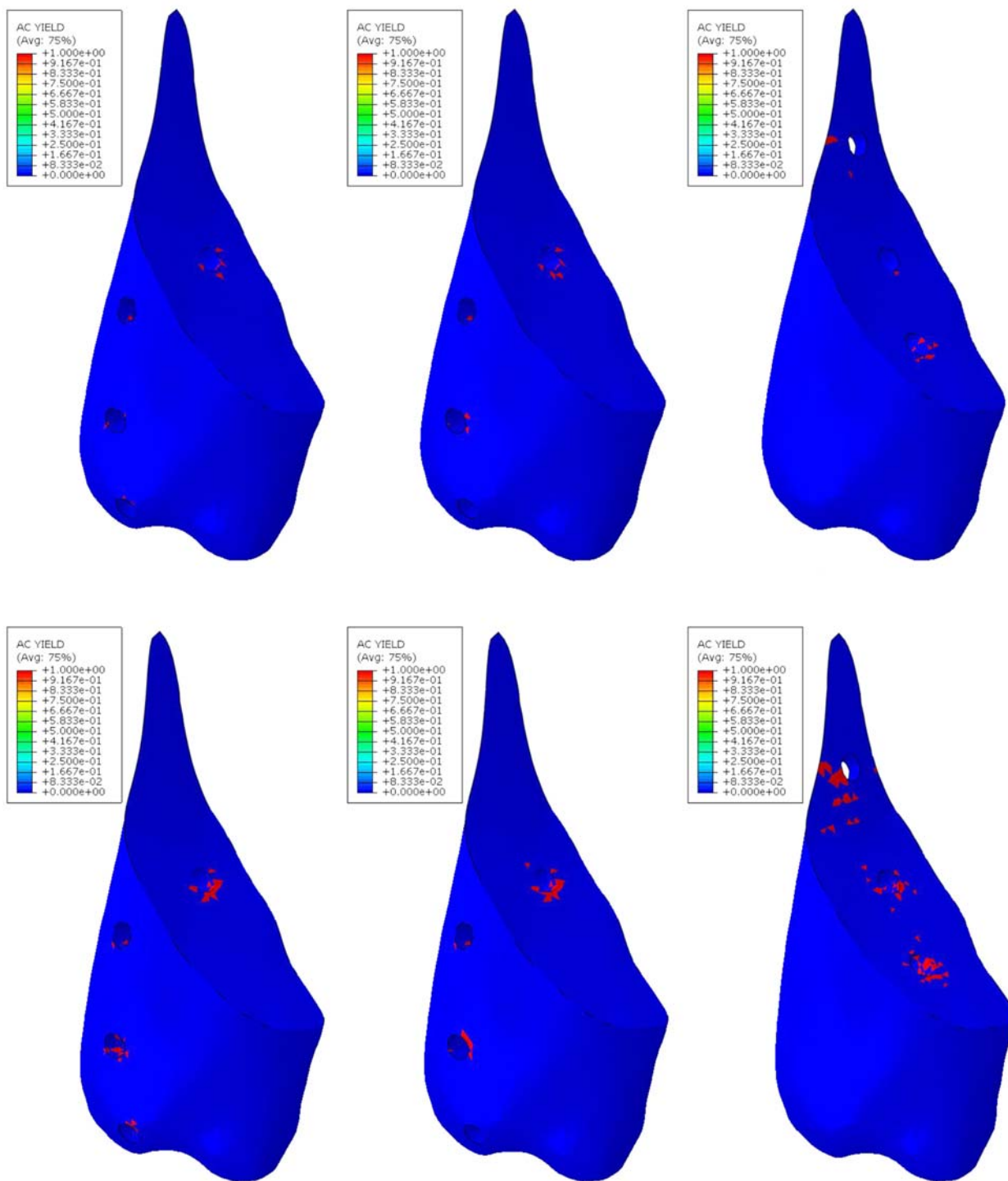
Při hodnocení **zatížení kostní tkáně** fibuly byla sledována hodnota maximálního redukovaného napětí σ_{red} [MPa]. Z výsledků MKP simulací je evidentní, že nejméně je zatížena kostní tkáň u modelu A3 ($\sigma_{red}^f = 77,5$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 94,2$ MPa). Kostní tkáň u modelu B ($\sigma_{red}^f = 93,4$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 95,5$ MPa) byla zatížena o 20,5 % resp. o 1,4 % více než u modelu A3. Nejvíce pak byla zatížena kostní tkáň lýtkové kosti u modelu A2 ($\sigma_{red}^f = 116,3$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 122,1$ MPa), a to o 50,1 % resp. o 29,6 % více než u modelu A3. Porovnání velikostí redukovaného napětí σ_{red} u kostní tkáně lýtkové kosti je přehledně uvedeno na grafu 24. Rozložení a velikost redukovaného napětí σ_{red} u kostní tkáně lýtkové kosti je pak na obrázku 51. Vzniklá trvalá poškození jednotlivých fragmentů kostní tkáně lýtkové kosti jsou patrná na obrázcích 52 a 53.



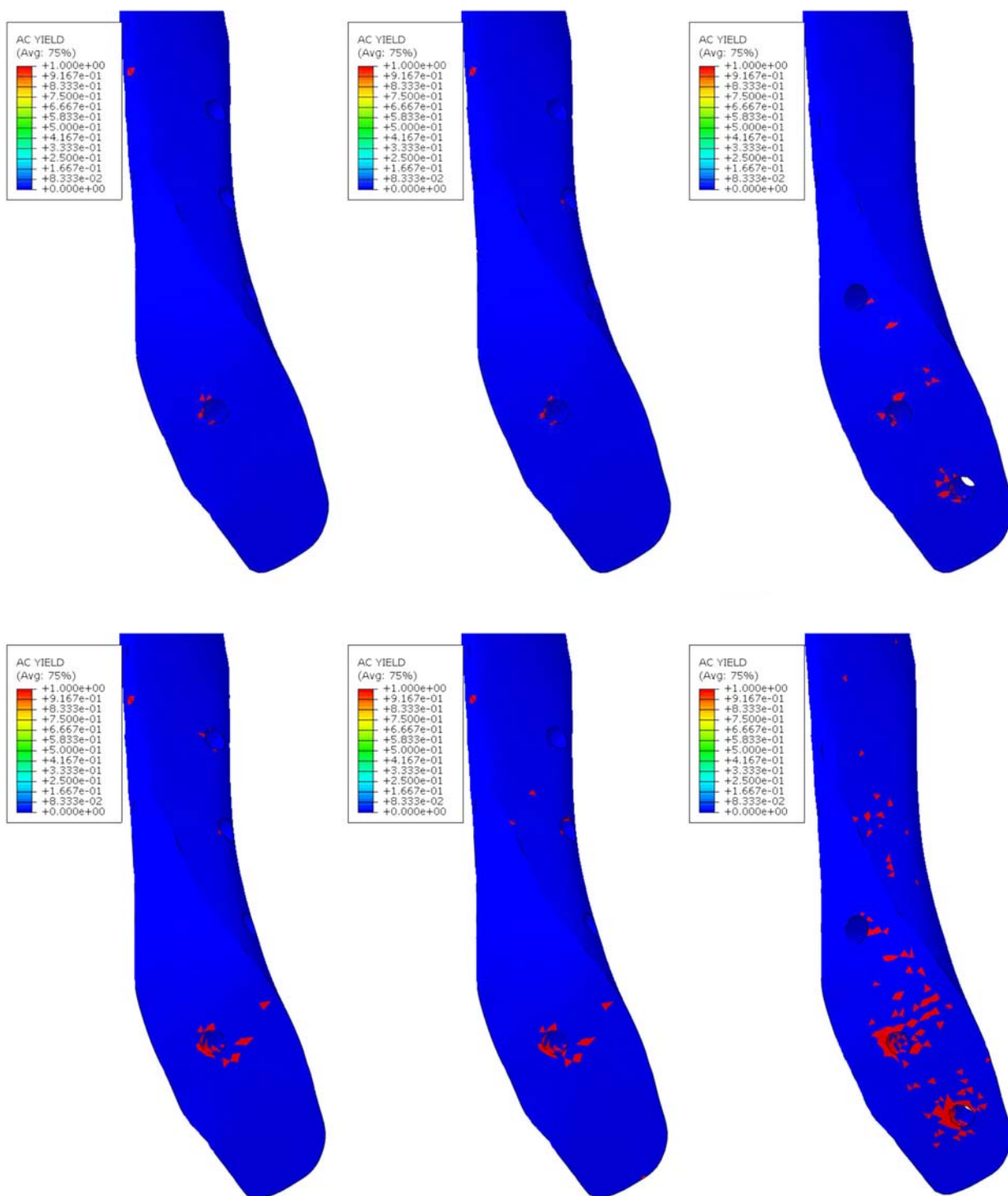
Graf 24. Zobrazení maximálních velikostí redukovaných napětí σ_{red} [MPa] v kostní tkáni lýtkové kosti. V grafu jsou uvedeny výsledky pro variantu fyziologické a osteoporotické kostní tkáně.



Obr. 51. Rozložení a velikost redukovaných napětí σ_{red} [MPa] na kostní tkáni lýtkové kosti v modelu A3 (vlevo) a A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro: fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.



Obr. 52. Rozložení trvalých deformací na kostní tkáni distálního fragmentu lýtkové kosti v modelu A3 (vlevo) a A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro: fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.



Obr. 53. Rozložení trvalých deformací na kostní tkáň proximálního fragmentu lýtkové kosti v modelu A3 (vlevo) a A2 (uprostřed) a B (vpravo) pro: fyziologickou kostní tkáň – nahoře, osteoporotickou kostní tkáň – dole.

8.4. Diskuze

Pomocí metody konečných prvků (MKP) byly provedeny numerické analýzy, jejichž cílem bylo porovnání deformační odezvy kostní tkáně na různé způsoby fixace zlomeniny lýtkové kosti při stejných podmínkách zatížení. Hodnocena byla především stabilita a celková tuhost celého modelovaného systému. V této práci jsou prezentovány výsledky provedených výpočtových analýz tří modelů hlezenního kloubu s fixovanou zlomeninou lýtkové kosti typu B podle Weberovy klasifikace. U výsledků MKP analýz byla sledována především **tuhost celého systému a následně napjatost jednotlivých částí modelu**. Byla modelována zlomenina lýtkové kosti typu B podle Weberovy klasifikace a v provedených MKP analýzách byly simulovány fyziologická a osteoporotická kostní tkáň.

Výsledné hodnoty tuhosti modelovaného systému jsou ve shodě s očekáváním a se zkušeností z klinické praxe. Pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň je nejtužší model A3, následuje model A2 a nejméně tuhým je model B, kdy rozdíl tuhostí vyjádřený v procentech vzhledem k modelu A3 je 5,7 % (model A2) a 8,5 % (model B). Stejné hodnocení platí i pro případ, kdy je fixována zlomenina v terénu osteoporotické kosti. Rozdíl tuhostí vyjádřený v procentech a vztažený k modelu A3 je pak 6,9 % (model A2) a 13,0 % (model B). Z uvedeného je patrné, že fixace zlomeny pouze třemi tahovými šrouby (model B) je vhodná **pouze ve velmi omezené indikaci pacientů (věk pod 55 let, velmi dobrá kvalita kostní tkáně a jednoduchá linie lomu)**. Naopak z pohledu biomechaniky je rozdíl mezi tuhostí modelu A3 a modelu A2 poměrně nevýrazný, a proto by bylo možné použít fixaci pomocí kratší konvenční dlahy fixované pouze dvěma šrouby do horní a dvěma šrouby do dolní části dlahy. To by mohlo přinést pro pacienta menší operační zásah.

Při hodnocení napjatosti jednotlivých komponent modelu je ovšem nutné zcela zásadně přehodnotit výše uvedené. **Napjatost dlahy** je ve všech hodnocených případech téměř stejná a nezávislá na kvalitě kostní tkáně. Z tohoto pohledu se jeví její konstrukce jako optimální a bezpečná. Odlišná situace je ovšem při hodnocení zatížení fixačních šroubů, kdy u všech analyzovaných modelů došlo k překročení mezní hodnoty meze kluzu $\sigma_y = 690$ MPa (nejvíce pro model A2, $\sigma_{red}^f = 745,1$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 762,0$ MPa). Toto zjištění ukazuje potenciální riziko selhání fixace zlomeniny, a to právě pro model A2. Oproti tomu nejmenší riziko selhání je u modelu A3 ($\sigma_{red}^f = 645,0$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 752,4$ MPa). Navíc je třeba brát v úvahu, že získané výsledky odpovídají situaci těsně po zavedení fixace do kosti, která se ještě nezačala hojit. V průběhu hojení kostní tkáně dochází k redistribuci zatížení a tím i ke snížení napjatosti ve fixačních šroubech. Z pohledu biomechaniky je však použití modelu A2 pro fixaci zlomeniny lýtkové kosti poměrně rizikové.

Jako nejzásadnější ovšem považujeme hodnocení **zatížení kostní tkáně** v důsledku zavedení fixace zlomeniny. Z tohoto pohledu se jeví pro oba typy kostní tkáně nejméně zatěžující model A3 ($\sigma_{red}^f = 77,5$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 94,2$ MPa). Naopak nejvíce zatíží kostní tkáň, opět nezávisle na kvalitě kostní tkáně, fixace zlomeniny dle modelu A2 ($\sigma_{red}^f = 116,3$ MPa resp. $\sigma_{red}^p = 122,1$ MPa). Velmi významný je nárůst zatížení kostní tkáně vzhledem k modelu A3, kdy pro fyziologickou

kostní tkáň dojde k nárůstu zatížení o 50,1 % a v případě osteoporotické kostní tkáň o 29,6 %. U modelu B dojde také k nárůstu zatížení kostní tkáň vzhledem k modelu A3, ale v případě fyziologické kosti je nárůst o 20,5 % a u osteoporotické kostní tkáň jen o 1,4 %. U všech modelů byly zjištěny maximální hodnoty redukovaného napětí σ_{red} v místě upevnění fixačních šroubů, což znamená riziko uvolnění šroubů z kosti a selhání fixačního systému. V kontextu těchto zjištění je z pohledu biomechaniky **nejméně vhodným způsobem fixace zlomeniny lýtkové kosti nezamčená dlahá fixovaná proximálně i distálně dvěma fixačními šrouby** [97].

Metoda konečných prvků je dlouhodobě úspěšně používaným nástrojem pro hodnocení odezvy biologických tkání a fixačního materiálu na vnější zatížení [6,35]. Přesto bylo nutné použít některá zjednodušení. **Zjednodušením** bylo použití vazbové podmínky k upevnění fixačních šroubů v kostní tkáni. Tato podmínka umožňovala přenos nejen tlakových sil, ale i tahových, což neodpovídá reálné situaci v závitovém spojení. Toto zjednodušení bylo voleno s ohledem na konvergenci a délku numerických výpočtů. Podle mého názoru zvolené podmínky nijak nesnížily validitu prezentovaných výsledků, protože cílem bylo porovnat tři různé modely za stejných podmínek, a ne zjistit absolutní hodnoty zatížení hlezenního kloubu. V tomto kontextu lze prezentované výsledky považovat za věrohodné a objektivní.

Druhým faktorem, který výrazným způsobem ovlivňuje interpretaci získaných výsledků, je charakter celé úlohy. Výpočty byly **modelovány jako statická úloha**, která je schopna popsat pouze jediný okamžik zatížení a odezvu systému na toto zatížení. V reálné situaci jsou ovšem dlahá, fixační šrouby a kostní tkáň namáhány opakujícím se pulzujícím zatížením, které navíc nemá konstantní velikost. Právě tento způsob zatížení ovšem může zapříčinit postupné uvolňování fixačních šroubů z kostní tkáň. Z výše uvedeného je patrné, že je potřeba zachovat určitou zdrženlivost při interpretaci získaných výsledků, protože provedené simulace tento reálný stav zatížení nijak nerespektovaly.

Přes výše uvedené výhrady, zjednodušení a zobecnění lze přijmout prezentované výsledky jako vypovídající. A to hlavně proto, že cílem nebylo provedení detailního posouzení jednotlivých komponent modelů kost-dlahá-fixační šrouby, ale cílem bylo pouze vzájemné porovnání odezvy kostní tkáň na rozdílné způsoby fixace používané při osteosyntéze lýtkové kosti a to za stejných podmínek.

8.5. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že z pohledu biomechaniky je nejvhodnější způsob fixace zlomeniny fibuly typu B podle Weberovy klasifikace pomocí konvenční dlahy, fixované proximálně i distálně třemi šrouby a jedním tahovým šroubem, zavedeným mimo dlahu. Tento závěr platí pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň pacienta. Naopak jako nejméně vhodnou se jeví fixace pomocí dlahy, fixované proximálně i distálně dvěma šrouby a jedním tahovým šroubem. Tento způsob fixace sice snižuje zátěž pacienta při operaci, ale zvyšuje zatížení kostní tkáň a tím i riziko selhání fixace. Poslední analyzovaný model fixace zlomeniny pomocí pouze tří tahových šroubů je z hlediska biomechanických vlastností vhodný pouze pro velmi omezené indikace.

9. Závěr dizertační práce

Tato dizertační práce měla ověřit hypotézu, zda zpřesnění morfologického popisu terénu zlomeniny může ovlivnit základní algoritmy diagnostiky i léčby zlomenin hlezna a zda existuje vztah mezi subjektivním hodnocením a výsledným stavem po operační léčbě zlomeniny hlezna. Z toho důvodu byl proveden podrobný rozbor vlastního souboru pacientů se zaměřením na epidemiologické, morfologické a klinické aspekty.

V experimentální části jsme se soustředili na analýzu struktury kortikální a spongiózní kosti distální fibuly, kde i v literatuře stále chybí detailní morfologický popis. Byla zkoumána přítomnost a směřování osteonů v kortikální kosti a dále popisován systém uspořádání trámčů spongiózní kosti. Také jsme provedli biomechanické modelování některých typů ošetření zlomeniny fibuly pomocí metody konečných prvků.

Lze konstatovat, že:

1. První část hypotézy byla potvrzena. Zpřesněním morfologického popisu terénu zlomeniny spolu s hodnocením výsledků léčby může být ovlivněno spektrum vyšetřovacích metod, indikované u různých typů poranění hlezna (indikace CT vyšetření u závažnějších typů zlomenin).
2. Druhá část hypotézy není zcela kompletně potvrzena. Přesto, že existuje ve většině případů souvislost mezi subjektivním hodnocením stavu a výsledným stavem hlezna v pooperační době, nacházíme situace, kdy toto potvrzeno nebylo. Příkladem mohou být synostózy distálního tibiofibulárního spojení, kde dobré subjektivní hodnocení stavu nekoreluje s nálezem mnohotvárných a často velmi rozsáhlých osifikací.

Jednotlivé vytyčené cíle práce byly splněny:

1. Podrobným vyhodnocením souboru pacientů s provedenou operační léčbou zlomenin hlezna byly doplněny a zpřesněny informace v problematice uspořádání těchto zlomenin.
2. Výsledky rozboru epidemiologických, morfologických a klinických ukazatelů nám ukázaly pestrost typů poranění struktur hlezna ve vztahu k hodnocení po operační léčbě. Závažnější případy ukazují na indikaci podrobnější diagnostiky s provedením CT vyšetření, adekvátního způsobu ošetření a předpokládání vzniku možných časných i pozdních komplikací operační léčby. Zjistili jsme, že k těmto situacím lze řadit:
 - zlomeniny typu C a trimaleolární zlomeniny typu B podle Weberovy klasifikace
 - nižší hodnocení pooperačního stavu u pacientů s kratší linií lomu na fibule, větším fragmentem odlomené zadní hrany a větší dislokací talokrurálního kloubu na úrazovém RTG snímku

- vyšší četnost malé dislokace talokrurálního kloubu a převaha lézí deltového vazů nad zlomeninou vnitřního kotníku u lomu na fibule v její horní části potvrdily souvislost s větším rizikem přehlédnutí Maissoneuvovy zlomeniny
 - vyšší zastoupení pooperačních ranných komplikací u pacientů s otevřenými zlomeninami, obezitou, větší dislokací hlezna na úrazovém RTG snímku a s diabetes mellitus
 - vyšší procento pooperačních komplikací u starší populace s osteoporózou, vyžadující často specifické způsoby stabilizace zlomeniny
 - doporučení provedení osteosyntézy fibuly v případě lokalizace lomu v její střední části, a to i přes rizika operačního přístupu (výsledky v těchto situacích ukázaly na horší hodnocení pooperačního stavu při použití pouze dvou suprasyndezmálních šroubů ke stabilizaci syndezmózy bez osteosyntézy zlomeniny fibuly)
3. Byly analyzovány různé kombinace poranění jednotlivých struktur hlezna.
 4. Studium směřování osteonů v kortikální kosti metodou jejich výbrusů a mapování přechodu orientovaných a méně orientovaných systémů spongiózní kosti pomocí μ CT doplňuje chybějící informace z oblasti distálního konce fibuly a může mít vliv na vysvětlení vzniku a průběhu linií lomu na dolním konci lýtkové kosti.
Zatímco v diafýze jsou systémy rovnoběžné, protože jsou dominantně zatížené v dlouhé ose fibuly, našli jsme jejich odlišné směřování v přední a zadní části distální fibuly. Tato deviace osteonů distálním směrem odpovídá změně způsobu namáhání přední a zadní části zevního kotníku v souladu s biomechanikou pohybů v hleznu.
 5. Biomechanická studie potvrdila výsledky zkušeností z klinické praxe, že stabilita osteosyntézy je nejbezpečnější, když je provedena tahovým šroubem a dlahou, fixovanou třemi šrouby proximálně i distálně od lomu. Ve výjimečných případech (krátký fragment, poranění měkkých tkání) lze použít kratší dlahu fixovanou dvěma šrouby proximálně i distálně, ale s vědomím oslabené stability. Osteosyntézu pouze třemi tahovými šrouby lze použít jen pro mladší pacienty s kvalitní kostí a dlouhou lomnou linií na fibule.

Respektování závěrů klinické i experimentální studie může pomoci upravit diagnostické i terapeutické algoritmy a získaná data představují základ pro případné budoucí klinické, morfologické i biomechanické analýzy zlomenin této oblasti, stejně jako pro vývoj sofistikovanějších instrumentářií a implantátů pro terapeutické účely.

10. Literatura

1. ABDELGAWAD, A. A.; KADOUS, A. a E. KANLIC. Posterolateral Approach for Treatment of Posterior Malleolus Fracture of the Ankle. *Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2011, **50**(5), 607-611. ISSN 1067-2516.
2. AHMAD HAFIZ, Z.; NAZRI, M. Y.; AZRIL, M. A.; KASSIM, N. A.; NORDIN, N.; DARAUP, S. a N. PREMCHANDRAN. Ankle fractures. The operative outcome. *Malaysian Orthopaedic Journal*. 2011, **5**(1), 40-43. ISSN 1985-2533.
3. ALBERS, G. H.; DE KORT, A. F.; MIDDENDORF, P. R. a C. N. VAN DIJK. Distal tibiofibular synostosis after ankle fracture. A 14-year follow-up study. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 1996, **78-B**(2), 250-252. ISSN 0301-620X.
4. ANAS, I. Y.; ESOMONU, U. G.; DIMITROV, N. D.; RABIU, I. F. a M. S. SALEH. Posttraumatic tibiofibula synostosis of the distal 1/3 of the leg: A case study. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. 2009, **2**(2), 31-33. ISSN 2006-6996.
5. ANDERSON, S. A.; LI, X.; FRANKLIN, P. a J. J. WIXTED. Ankle fractures in the elderly: initial and long-term outcomes. *Foot & Ankle International*. 2008, **29**(12), 1184-1188. ISSN 1071-1007.
6. AQUILINA, P.; CHAMOLI, U.; PARR, W.; CLAUSEN, P. a S. WROE. Finite element analysis of three patterns of internal fixation of fractures of the mandibular condyle. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2013, **51**(4), 326-331. ISSN 0266-4356.
7. ARASTU, M. H.; DEMCOE, R. a R. E. BUCKLEY. Zlomeniny hlezna - přehled současných přístupů. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovacae*. 2012, **79**(6), 473-483. ISSN 0001-5415.
8. BÁČA, V.; KACHLÍK, D.; BÁČOVÁ, T.; BARTOŠKA, R.; MARVAN, J.; DOUŠA, P.; SECREST, T. a V. DŽUPA. Anatomist and the pioneer of radiology Étienne Destot – 95th anniversary of his death. *Clinical Anatomy*. 2014, **27**(3), 282-285. ISSN 0897-3806.
9. BÁČA, V.; KACHLÍK, D.; HORÁK, Z. a J. STINGL. The course of osteons in the compact bone of the human proximal femur with clinical and biomechanical significance. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2007, **29**(3), 201-207. ISSN 0930-1038.
10. BARG, A.; PAGENSTERT, G. I.; HÜGLE, T.; GLOYER, M.; WIEWIORSKI, M.; HENNINGER, H. B. a V. VALDERRABANO. Ankle osteoarthritis: etiology, diagnostics, and classification. *Foot and Ankle Clinics*. 2013, **18**(3), 411-426. ISSN 1083-7515.

11. BARTONÍČEK, J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2003, **25**(5-6), 379-386. ISSN 0930-1038.
12. BARTONÍČEK, J. Avulsed posterior edge of the tibia: Earle's or Volkmann's triangle? *The Journal of Bone and Joint Surgery: British Volume*. 2004, **86**(5), 746-750. ISSN 0301-620X.
13. BARTONÍČEK, J. Klasifikace luxačních zlomenin hlezna. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(9), 494-499. ISSN 0035-9351.
14. BARTONÍČEK, J. Luxační zlomeniny hlezna - nové pohledy na staré problémy. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(9), 492-493. ISSN 0035-9351.
15. BARTONÍČEK, J.; DŽUPA, V.; FRIČ, V.; PACOVSKÝ, V.; SKÁLA-ROSENBAUM, J. a F. SVATOŠ. Epidemiologie a ekonomie zlomenin proximálního femuru, proximálního humeru, distálního radia a luxačních zlomenin hlezna. *Rozhledy v chirurgii*. 2008, **87**(4), 213-219. ISSN 0035-9351.
16. BARTONÍČEK, J.; FRIČ, V.; SVATOŠ, F. a L. LUŇÁČEK. Bosworth-type fibular entrapment injuries of the ankle - the Bosworth lesion A report of six cases and literature review. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2007, **21**(10), 710-717. ISSN 0890-5339.
17. BARTONÍČEK, J.; CHOCHOLA, A. a V. VANĚČEK. Suprasyndesmální šroub u luxačních zlomenin hlezna. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(9), 513-520. ISSN 0035-9351.
18. BARTONÍČEK, J. a D. JEHLIČKA. Weberova klasifikace luxačních zlomenin hlezna, její interpretace a závěry pro klinickou praxi. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Czechoslovaca*. 2000, **67**(4), 259-268. ISSN 0001-5415.
19. BARTONÍČEK, J.; KOSTLIVÝ, K. a I. TREŠL. Zlomeniny zadní hrany tibie u zlomenin hlezna. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(9), 506-512. ISSN 0035-9351.
20. BARTONÍČEK, J.; ŠVAGR, M. a O. NAŇKA. Poranění mediálních struktur hlezna. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(9), 500-505. ISSN 0035-9351.
21. BARTONÍČEK, J. a J. HEŘT. *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. 1. vyd. Praha: Maxdorf, 2004, s. 211-230. ISBN 80-7345-017-8.
22. BENGNER, U.; JOHNELL, O. a I. REDLUNG-JOHNELL. Epidemiology of ankle fracture 1950 and 1980. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1986, **57**(1), 35-37. ISSN 0001-6470.
23. BENNINGHOF, A. Spaltlinien am Knochen, eine Methode zur Ermittlung der Architektur platter Knochen. *Anatomischer Anzeiger*. 1925, **60**(Suppl.), 189-206. ISSN 0003-2786.
24. BERAUDI, A.; STEA, S.; BORDINI, B.; BALEANI, M. a M. VICECONTI. Osteon classification in human fibular shaft by circularly polarized light. *Cells Tissues Organs*. 2010, **191**(3):260-268. ISSN 1422-6405.

25. BOTCHU, R.; DOUIS, H.; DAVIES, A. M.; JAMES, S. L.; PULS, F. a R. GRIMER. Post-traumatic heterotopic ossification of distal tibiofibular syndesmosis mimicking a surface osteosarcoma. *Clinical Radiology*. 2013, **68**(12), 676-679. ISSN 0009-9260.
26. BÖSTMAN, O. M. Distal tibiofibular synostosis after malleolar fractures treated using absorbable implants. *Foot and Ankle*. 1993, **14**(1), 38-43. ISSN 0198-0211.
27. BÖSTMAN, O.M. Body-weight related to loss of reduction of fractures of the distal tibia and ankle. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 1995, **77-B**(1), 101-103. ISSN 0301-620X.
28. BREEDERVELD, R. S.; VAN STRAATEN, J.; PATKA, P. a J. C. VAN MOURIK. Immediate or delayed operative treatment of fractures of the ankle. *Injury*. 1988, **19**(6), 436-438. ISSN 0020-1383.
29. CARLILE, G. S. a N. C. L. GILES. Surgical technique for minimally invasive fibula fracture fixation. *Foot and Ankle Surgery*. 2011, **17**(3), 119-123. ISSN 1268-7731.
30. CARR, J. B. Malleolar fractures and soft tissue injuries of the ankle. In: BROWNER, B. D.; JUPITER, J. B.; LEVINE, A. M. a P. G. TRAFTON. *Skeletal trauma - Basic science, management and reconstruction, 2nd Vol.*, 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 2003, s. 2307-2374. ISBN 0-7216-9481-0.
31. CLARE, M. P. A rational approach to ankle fractures. *Foot and Ankle Clinics*. 2008, **13**(4), 593-610. ISSN 1083-7515.
32. COHEN, J. a W. H. HARRIS. The three-dimensional anatomy of haversian systems. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1958, **40A**(2), 419-434. ISSN 0021-9355.
33. COURT-BROWN, C. M.; BUGLER, K. E.; CLEMENT, N. D.; DUCKWORTH, A. D. a M. M. MCQUEEN. The epidemiology of open fractures in adults. A 15-year review. *Injury*. 2012, **43**(6), 891-897. ISSN 0020-1383
34. CROMEENS, B. P.; KIRCHHOFF, C. A.; PATTERSON, R. M.; MOTLEY, T.; STEWART, D.; FISCHER, C. a R. E. REEVES. An Attachment-based description of the medial collateral and spring ligament complexes. *Foot & Ankle International*. 2015, **36**(6), 710-721. ISSN 1071-1007.
35. CRONSKÄR, M.; RASMUSSEN, J. a M. TINNSTEN. Combined finite element and multibody musculoskeletal investigation of a fractured clavicle with reconstruction plate. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2015, **18**(7), 740-748. ISSN 1025-5842.
36. ČIHÁK, R. a M. GRIM. *Anatomie. 2.*, uprav. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-970-5.

37. DATTANI, R.; PATNAIL, S.; KANTAK, A.; SRIKANTH, B. a T. P. SELVAN. Injuries to the tibiofibular syndesmosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery: British Volume*. 2008, **90**(4), 405-410. ISSN 0301-620X.
38. DUDKO, S.; KUSZ, D.; WOJCIECHOWSKI, P. a T. STOŁNY. Operative treatment of ankles fractures using internal osteosynthesis by a minimal surgical approach. *The Foot*. 2004, **14**(4), 185-191. ISSN 0958-2592.
39. DUMIGAN, R. M.; BRONSON, D. G. a J. S. EARLY. Analysis of fixation methods for vertical shear fractures of the medial malleolus. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2006, **20**(10), 687-691. ISSN 0890-5339.
40. DUNNE, F. a N. PETRINIC. *Introduction to Computational Plasticity*. Oxford: Oxford University Press, 2005. ISBN 978- 0-19-856826-6.
41. EGOL, K. A.; TEJWANI, N. C.; WALSH, M. G.; CAPLA, E. L. a K. J. KOVAL. Predictors of short-term functional outcome following ankle fracture surgery. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2006, **88**(5), 974-979. ISSN 0021-9355.
42. ESTRELLA, E. P. a |E. H. WANG. A. Comparison of Vascularized Free Fibular Flaps and Nonvascularized Fibular Grafts for Reconstruction of Long Bone Defects after Tumor Resection. *Journal of Reconstructive Microsurgery*. 2016. ISSN 0743-684X.
43. FAULKNER, K.; GLÜER, C.; GRAMPP, S. a H. GENANT. Cross-calibration of liquid and solid qct calibration standards: Corrections to the ucsf normative data. *Osteoporosis International*. 1993, **3**(1), 36-42. ISSN 0937-941X.
44. FIALA, P. a J. HEŘT. Principal types of functional architecture of cancellous bone in man. *Functional and Developmental Morphology*. 1993, **3**(2), 91-99. ISSN 0862-8416.
45. FOWLER, T. T., PUGH, K. J.; LITSKY, A. S.; TAYLOR, B. C. a B.G. FRENCH. Medial malleolar fractures: a biomechanics study of fixation techniques. *Orthopaedics*. 2011 **34**(8), e349-e355. ISSN 0147-7447.
46. FRANK, C. B. Ligament structure, physiology and function. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*. 2004, **4**(2), 199-201. ISSN 1108-7161.
47. FROST, HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *Angle Orthod*, 1994, **64**(3), 175-88.
48. FU, J. H.; HWANG, C. C. a T. H. CHAO. Tibiofibular Synostosis in a Military Soldier. *Journal of Medical Science*. 2003, **23**(2), 135-138.
49. GANESH, S. P.; PIETROBON, R.; CECÍLIO, W. A. C.; PAN, D.; LIGHTDALE, N. a N. J. NUNLEY. The impact of diabetes on patient outcomes after ankle fracture. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2005, **87**(8), 1712-1718. ISSN 0021-9355.

50. GARDNER, M. J.; STREUBEL, P. N.; MCCORMICK, J. J.; KLEIN, S. E.; JOHNSON, J. E. a W. M. RICCI. Surgeon practices regarding operative treatment of posterior malleolus fractures. *Foot & Ankle International*. 2011, **32**(4), 385-393. ISSN 1071-1007.
51. GIANNINI, S.; BUDA, R.; FALDINI, C.; VANNINI, F.; ROMAGNOLI, M.; GRANDI, G. a R. BEVONI. The Treatment of Severe Posttraumatic Arthritis of the Ankle Joint. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2007, **89**(Suppl. 3), 15-28. ISSN 0021-9355.
52. GIANNINI, S.; CHIARELLO, E.; PERSIANI, V.; LUCIANI, D.; CADOSSO, M. a G. TEDESCO. Ankle fractures in elderly patients. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2013, **25**(Suppl 1), S77-S79. ISSN 1594-0667.
53. GOLANÓ, P.; VEGA, J.; DE LEEUW, P. A. J.; MALAGELADA, F.; MANZANARES, M. C.; GÖTZENS, V. a C. N. VAN DIJK. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2010, **18**(5), 557-569. ISSN 0942-2056
54. HAMMACHER, E. R.; SCHUTTE, P. R. a T. J. BAST. Minimal osteosynthesis of lateral malleolar fractures. *Netherlands Journal of Surgery*. 1986, **38**(3), 87-89. ISSN 0167-2487.
55. HAMILTON, W. C. *Traumatic disorders of the ankle*, New York: Springer-Verlag, 1984. 293 s. ISBN 978-1-4613-8235-5.
56. HARAGUCHI, N. a R. S. ARMIGER. A new interpretation of the mechanism of ankle fracture. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2012, **91**(4), 821-828. ISSN 0021-9355.
57. HEŘT, J.; FIALA, P. a M. PETRTÝL. Struktura kompaktní kosti a způsob namáhání dlouhých kostí člověka. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 1993, **60**(4), 199-208. ISSN 0001-5415.
58. HEŘT, J.; FIALA, P. a M. PETRTÝL. Osteon orientation of the diaphysis of the long bone in man. *Bone*. 1994, **15**(3), s. 269-277. ISSN 8756-3282.
59. HINDS, R. M.; LAZARO, L. E.; BURKET, J. C. a D. G. LORICH. Risk Factors for Posttraumatic Synostosis and Outcomes Following Operative Treatment of Ankle Fractures. *Foot & Ankle International*. 2014, **35**(2), 141-147. ISSN 1071-1007.
60. HOVIS, W. D.; KAISER, B. W.; WATSON, J. T. a R. W. BUCHOLZ. Treatment of syndesmotic disruptions of the ankle with bioabsorbable screw fixation. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2002, **84-A**(1), 26-31. ISSN 0021-9355.
61. HOU, Z. H.; ZHOU, J. H.; YE, H.; SHI, J. G.; ZHENG, L. B.; YAO, J. a Z. M. NI. Influence of distal tibiofibular synostosis on ankle function. *Chinese Journal of Traumatology*. 2009, **12**(2), 104-106. ISSN 1008-1275.
62. HÖINESS, P.; ENGBRETSSEN, L. a K. STRÖMSÖE. Soft tissue problems in ankle fractures treated surgically. A prospective study of 154 consecutive closed ankle fractures. *Injury*. 2003, **34**(12), 928-931. ISSN 0020-1383.

63. HÖINESS, P.; ENGBRETSSEN, L. a K. STRÖMSÖE. The influence of perioperative soft tissue complications on the clinical outcome in surgically treated ankle fractures. *Foot & Ankle International*. 2001, **22**(8), 642-648. ISSN 1071-1007.
64. HÖINESS, P. a K. STRÖMSÖE. Tricortical versus quadricortical syndesmosis fixation in ankle fractures: a prospective, randomized study comparing two methods of syndesmosis fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2004, **18**(6), 331-337. ISSN 0890-5339
65. HRAZDÍRA, L.; BERÁNKOVÁ, L.; HANDL, M. a R. FREI. Komplexní pohled na poranění hlezenního kloubu ve sportu. *Ortopedie*. 2008, **2**(6), 267-275. ISSN 1802-1727.
66. HRUBINA, M.; HORÁK, Z.; SKOTÁK, M.; LETOCHA, J.; BÁČA, V. a V. DŽUPA. Assessment of complications depending on the sliding screw position: finite element method analysis. *Bratislava Medical Journal*. 2015, **116**(5), 302-310. ISSN 0006-9248.
67. HUISKES, R., RUIMERMAN, R., VAN LENTHE, G. H. a J. D. JANSSEN. Effects of mechanical forces on maintenance and adaptation of form in trabecular bone. *Nature*, 2000, 405(6787), 704-6.
68. CHAUDHRY, S. a K. A. EGOL. Ankle injuries and fractures in the obese patient. *Orthopedic Clinics of North America*. 2011, 42(1), 45-53. ISSN 0030-5898.
69. CHESSER, T. J.; HAMMETT, R. B. a S. A. NORTON. Orthopaedic trauma in the obese patient. *Injury*. 2010, **41**(3), 247-252. ISSN 0020-1383.
70. CHEUNG, K. Y.; CHOI, S. H. a M. S. WONG. Bosworth fracture dislocation of the ankle. *Hong Kong Journal of Orthopaedic Surgery*. 2001, **5**(2), 113-116. ISSN 1028-2637.
71. JAMES, L. A.; SOOKHAN, N. a D. SUBAR. Timing of operative intervention in the management of acutely fractured ankles and the cost implications. *Injury*. 2001, **32**(6), 469-472. ISSN 0020-1383.
72. JARDE, O.; VIVES, P.; HAVET, E.; GOURON, R. a W. MEUNIER. Malleolar fractures. Predictive factors for secondary osteoarthritis: retrospective study of 32 cases. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2000, **66**(4), 382-388. ISSN 0001-6462.
73. JASKULKA, R. A.; ITTNER, G. a R. SCHEDL. Fractures of the posterior tibial margin: their role in the prognosis of malleolar fractures. *Journal of Trauma*. 1989, **29**(11), 1565-1570. ISSN 0022-5282.
74. JEHLIČKA, D.; BARTONÍČEK, J.; SVATOŠ, F. a J. DOBIÁŠ. Luxační zlomeniny hlezna u dospělých, I. část: Epidemiologické zhodnocení ročního souboru. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2002, **69**(4), 243-247. ISSN 0001-5415.
75. JEHLIČKA, D., BARTONÍČEK, J. a M. RYŠAVÝ. Bosworthova zlomenina hlezna (kazuistika). *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2001, **68**(4), 256-260. ISSN 0001-5415.

76. JENSEN, S. L.; ANDRESEN, B. K.; MENCKE, S. a P. T. NIELSEN. Epidemiology of ankle fractures. A prospective populationbased study of 212 cases in Aalborg, Denmark. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1998, **69**(1), 48-50. ISSN 0001-6470.
77. JIRMAN, R.; HORÁK, Z.; BOUDA, T.; MAZÁNEK, J. a J. ŘEZNÍČEK. Influence of the method of TM joint total replacement implantation on the loading of the joint on the opposite side. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2011, **14**(8), 673-681. ISSN 1025-5842.
78. JONES, K. B.; MAIERS-YELDEN, K. A.; MARSH, J. L.; ZIMMERMAN, M. B.; ESTIN, M. a C. L. SALTZMAN. Ankle fractures in patients with diabetes mellitus. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 2005, **87-B**(4), 489-495. ISSN 0301-620X.
79. KELLER, T. Predicting the compressive mechanical behavior of bone. *Journal of Biomechanics*. 1994, **27**(9), 1159-1168. ISSN 0021-9290.
80. KELIKIAN, H. a A. S. KELIKIAN. *Disorders of the Ankle*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1985. 893 s. ISBN 0-7216-1094-3.
81. KENNEDY, M. A.; SAMA, A. E. a M. SIGMAN. Tibiofibular syndesmosis and ossification. Case report: sequelae of ankle sprain in an adolescent football player. *Journal of Emergency Medicine*. 2000, **18**(2), 233-240. ISSN 0736-4679.
82. KEYAK, J. H. a Y. FALKINSTEIN. Comparison of in situ and in vitro CT scan-based finite element model predictions of proximal femoral fracture load. *Medical Engineering and Physics*, 2003, **25**(9), 781-787, 1350-4533. ISSN 1350-4533
83. KIM, T.; AYTURK, U. M.; HASKELL, A.; MICLAU, T. a C. M. PUTTLITZ. Fixation of osteoporotic distal fibular fractures: A biomechanical comparison of locking versus conventional plates. *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2007, **46**(1), 2-6. ISSN 1067-2516.
84. KING, C. M.; HAMILTON, G. A.; COBB, M.; CARPENTER, D. a L. A. FORD. Association Between Ankle Fractures and Obesity. *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2012, **51**(5), 543-547. ISSN 1067-2516.
85. KOLLRACK, Y. B. a B. MOELLENHOFF. Infected internal fixation after ankle fractures - a treatment path. *Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2012, **51**(1), 9-12. ISSN 1067-2516.
86. KOO, S. C.; CHAN, S. K. a Y. F. HO. Posterolateral Approach to Pilon Fracture. *Hong Kong Journal of Orthopaedic Surgery*. 2004, **8**(1), 44-50. ISSN 1028-2637.
87. KUKRETI, S.; FARAJ, A. a J. N. V. MILES. Does position of syndesmotic screw affect functional and radiological outcome in ankle fractures? *Injury*. 2005, **36**(9), 1121-1124. ISSN 0020-1383.
88. LAUGE, N. Fractures of the ankle: analytic historic survey as the basis of new experimental, roentgenological a and clinical investigations. *Archives of Surgery*. 1948, **56**(3), 259-317. ISSN 0272-5533.

89. LES, C. M., KEYAK, J. H., STOVER, S. M., TAYLOR, K. T. a A. J. KANEPS. Estimation of material properties in the equine metacarpus with use of quantitative computed tomography. *Journal of Orthopaedic Research*, 1994, **12**(6), 822-833. ISSN 0736-0266.
90. LIM, S. H.; KIM, Y. H.; KIM, M. K.; NAM, W. a S. H. KANG. Validation of a fibula graft cutting guide for mandibular reconstruction: experiment with rapid prototyping mandible model. *Computer Assisted Surgery*. 2016, **21**(1), 9-17.
91. LINDSJÖ, U. Operative treatment of ankle fractures. *Acta Orthopaedica Scandinavica. Supplementum*. 1981, **189**, 1-131. ISSN 0300-8827.
92. LINDSJÖ, U. Operative treatment of ankle fracture-dislocations: a follow-up study of 306/321 consecutive cases. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1985, **199**, 28-38. ISSN 0009-921X.
93. LYNDE, M. J.; SAUTTER, T.; HAMILTON, G. A. a J. M. SCHUBERTH. Complications after open reduction and internal fixation of ankle fractures in the elderly. *Foot and Ankle Surgery*. 2012, **18**(2), 103-107. ISSN 1268-7731.
94. MARVAN, J., BĚLEHRÁDKOVÁ, H., DŽUPA, V., BÁČA, V. a M. KRBEC. Epidemiologické, morfologické a klinické aspekty zlomenin v oblasti hlezna. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Čechoslovaca*. 2012, **79**(3), 269-274. ISSN 0001-5415.
95. MARVAN, J.; DŽUPA, V.; BARTOŠKA, R.; KACHLÍK, D.; KRBEC, M. a V. BÁČA. Transfixace nestabilních zlomenin hlezna Kirschnerovými dráty: indikace, technika provedení a výsledky. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Čechoslovaca*. 2015, **82**(3), 216-221. ISSN 0001-5415
96. MARVAN, J.; DŽUPA, V.; KRBEC, M.; SKÁLA-ROSENBAUM, J.; BARTOŠKA, R.; KACHLÍK, D. a V. BÁČA. Distal tibiofibular synostosis after surgically resolved ankle fractures: An epidemiological, clinical and morphological evaluation of a patient sample. *Injury*. 2016, **47**(11), 2570-2574. ISSN 0020-1383.
97. MARVAN, J.; HORÁK, Z.; VILÍMEK, M.; HORNÝ, L.; KACHLÍK, D. a V. BÁČA. Fixation of Distal Fibular Fractures: A Biomechanical Study of Plate Fixation Techniques. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2017. ISSN 1509-409X.
98. MASON, L. W.; DODDS, A. a N. MAKWANA. Tibiofibular synostosis following syndesmosis fixation: a case report. *The Foot and Ankle Online Journal* [online]. 2010, **3**(3) [cit. 23.5.2016]. ISSN 1941-6806. Dostupné z doi: 10.3827/faoj.2010.0303.0003.
99. MC CORMACK, R. G. a J. M. LEITH. Ankle fractures in diabetics. Complications of surgical management. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 1998, **80-B**(4), 689-692. ISSN 0301-620X

100. MC KENNA, P. B.; O'SHEA, K. a T. BURKE. Less is more: lag screw only fixation of lateral malleolar fractures. *International Orthopaedics*. 2007, **31**(4), 497-502. ISSN 0341-2695.
101. MEIER, C.; SCHEFOLD, J. C.; HUG, U.; TRENTZ, O. a A. PLATZ. Temporary Kirschner wire ankle transfixation and delayed ORIF. *European Journal of Trauma*. 2004, **30**(6), 371-377. ISSN 1439-0590.
102. MERRIL, K. D. The Maisonneuve fracture of the fibula. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1993, (287), 218-223. ISSN 0009-921X.
103. MILNER, C. E. a R. W. SOAMES. Anatomy of the collateral ligaments of the human ankle joint. *Foot & Ankle International*. 1998, **19**(11), 757-760. ISSN 1071-1007.
104. MLČOCH, R. Léčení tibiofibulární diastázy transtibiální drátěnou cerkláží. *Rozhledy v chirurgii*. 1978, **57**(3), 234-237. ISSN 0035-9351.
105. MORRIS, N. a M. E. LOVELL. Demographics of 3929 ankle injuries, seasonal variation in diagnosis and more fractures are diagnosed in winter. *Injury*. 2013, **44**(7), 998-1001. ISSN 0020-1383.
106. OLERUD, C. a H. MOLANDER. A scoring scale for symptom evaluation after ankle fracture. *Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery*, 1984, **103**(3), 190-194. ISSN 0344-8444.
107. OVASKA, M.; LINDAHL, J.; MÄKINEN, T.; MADANAT, R.; PULLIAINEN, L.; KILJUNEN, V.; HIRVENSALO, E. a E. TUKIAINEN. Postoperative infection after closed and open ankle fractures. *Suomen Ortopedia ja Traumatologia*. 2011, **34**(1), 30-33. ISSN 0780-671X.
108. PANKOVICH, A. M. a M. S. SHIVARAM. Anatomical basis of variability in injuries of the medial malleolus and the deltoid ligament. II. Clinical studies. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1979, **50**(2), 225-236. ISSN 0001-6470.
109. PAPAGEORGIOU, K.; LIAKOS, T. a K. EVMIRIDIS. Epidemiology of ankle fractures. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Hellenica*. 2006, **57**(4), .ISSN 1105-3429.
110. PARADA, S. A.; KRIEG, J. C.; BENIRSCHKE, S. K. a S. E. NORK. Bicortical fixation of medial malleolar fractures. *American Journal of Orthopedics*. 2013, **42**(2), 90-92. ISSN 1078-4519.
111. PARKER, L.; GARLICK, N.; MCCARTHY, I.; GRACHENIG, S.; GRECHENIG, W. a P. SMITHAM. Screw fixation of medial malleolar fractures. A cadaveric biomechanical study challenging the current AO philosophy. *Bone and Joint Journal*. 2013, **95-B**(12), 1662-1666. ISSN 2049-4394.

112. PEŇA, F.A. a J. C. COETZEE. Ankle syndesmosis injuries. *Foot and Ankle Clinics*. 2006, **11**(1), 35-50. ISSN 1083-7515.
113. PIETZIK, P.; QURESHI, I.; LANGDON, J.; MOLLOY, S. a M. SOLAN. Cost benefit with early operative fixation of unstable ankle fractures. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2006, **88**(4), 405-407. ISSN 0035-8843.
114. PLATZER, W. *Atlas topografické anatomie*, Dotisk 1. vyd. Praha: Grada Publ., 2010. 290 s. ISBN 978-80-7169-214-0.
115. POLLARD, J. D.; DEYHIM, A.; RIGBY, R. B.; DAU, N.; KING, C.; FALLAT, L. M. a C. BIR. Comparison of pullout strength between 3.5-mm fully threaded, bicortical screws and 4.0-mm partially threaded, cancellous screws in the fixation of medial malleolar fractures. *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2010, **49**(3), 248-252. ISSN 1067-2516
116. REIN, S.; HAGERT, E.; SCHNEIDERS, W.; FIEGUTH, A. a H. ZWIPP. Histological analysis of the structural composition of ankle ligaments. *Foot & Ankle International*. 2015, **36**(2), 211-224. ISSN 1071-1007.
117. RICCI, W. M.; TORNETTA, P. a J. BORRELLI, JR. Lag screw fixation of medial malleolar fractures: a biomechanical, radiographic and clinical comparison of unicortical partially threaded lag screws and bicortical fully threaded lag screws. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2012, **26**(10), 602-606. ISSN 0890-5339.
118. RICCI, W.M.; MC ANDREW, C.; MERRIMAN, D. a M. J. GARDNER. What's New in Orthopaedic Trauma. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2011, **93**(18), 1746-1756.
119. RÜEDI, T. P.; BUCKLEY, R. E. a C. G. MORAN. *AO Principles of Fracture management*. 2nd ed. Stuttgart: Thieme 2007.
120. SEIBERT, F. J.; SCHATZ, B.; BRATSCHITSCH, G.; LABOVITZ, J. a G. SCHIPPINGER. Temporary Kirschner wire ankle transfixation in the treatment of unstable ankle fractures. *Foot and Ankle Surgery*. 2001, **7**(2), 85-92. ISSN 1268-7731.
121. SHAH, N. H.; SUNDARAM, R. O.; VELUSAMY, A. a I. J. BRAITHWAITE. Five-year functional outcome analysis of ankle fracture fixation. *Injury*. 2007, **38**(11), 1308-1312. ISSN 0020-1383.
122. SHIVARATHRE, D. G.; CHANDRAN, P. a S. R. PLATT. Operative fixation of unstable ankle fractures in patients aged over 80 years. *Foot & Ankle International*. 2011, **32**(6), 599-602. ISSN 1071-1007.
123. SCHEPERS, T.; VAN LIESHOUT, E. M.; DE VRIES, M. R. a M. VAN DER ELST. Increased rates of wound complications with locking plates in distal fibular fractures. *Injury*. 2001, **42**(10), 1125-1129. ISSN 0020-1383.

124. SCHEPERS, T. Acute distal tibiofibular syndesmosis injury: a systematic review of suture-button versus syndesmotic screw repair. *International Orthopaedics*. 2012, **36**(6), 1199-1206. ISSN 0341-2695.
125. SCHEPERS, T.; DE VRIES, M. R.; VAN LIESHOUT, E. M. M. a M. VAN DER ELST. The timing of ankle fracture surgery and the effect on infectious complications; A case series and systematic review of the literature. *International Orthopaedics*. 2013, **37**(3), 489-494. ISSN 0341-2695.
126. SINĚLNIKOV, R. D. *Atlas anatomie člověka*, 1. díl, Praha: Avicenum, 1980. 467 s.
127. SINĚLNIKOV, N.A. Spatial architecture of osteons in the diaphysis of the femur in man and other primates. *Russkij Antropologičeskij Žurnal*. 1937, **3**, 102-115.
128. SOMFORD, M. P.; WIEGERINCK, J. I.; HOORNENBORG, D. a M. P. J. VAN DEN BEKEROM. Ankle fracture eponyms. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2013, **95**(24), e198. ISSN 0021-9355.
129. SPARKS, D. S.; SALEH, D. B.; ROZEN, W. M.; HUTMACHER, D. W.; SCHUETZ, M. A. a M. WAGELS. Vascularised bone transfer: History, blood supply and contemporary problems. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2017, **70**(1), 1-11. ISSN 1748-6815.
130. SPROULE, J. A.; KHALID, M. O'SULLIVAN, M. a J. P. MCCABE. Outcome after surgery for Maisonneuve fracture of the fibula. *Injury*. 2004, **35**(8), 791-798. ISSN 0020-1383.
131. SRINIVASAN, C. M. a C. G. MORAN. Internal fixation of ankle fractures in the very elderly. *Injury*. 2001, **32**(7), 559-563. ISSN 0020-1383.
132. STRAUSS, E. J. a K. A. EGOL. The management of ankle fractures in the elderly. *Injury*. 2007, **38**(Suppl. 3), S2-S9. ISSN 0020-1383.
133. STRAUSS, E. J.; FRANK, J. B.; WALSH, M.; KOVAL, K. J. a K. A. EGOL. Does obesity influence the outcome after the operative treatment of ankle fractures? *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 2007, **89-B**(6), 794-798. ISSN 0301-620X.
134. STUFKENS, S. A.; VAN DEN BEKEROM, M. P. J.; DOORNBERG, J. N.; VAN DIJK, C. N. a P. KLOEN. Evidence-based treatment of Maisonneuve fractures. *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2011, **50**(1), 62-67. ISSN 1067-2516.
135. SZCZEŚNY, G. a J. JANOWICZ. Minimally invasive osteosynthesis of ankle fractures. *Polish Orthopedics and Traumatology*. 2012, **77**, 145-150. ISSN 0009-479X.
136. TAYLOR, G. I.; MILLER, G. D. a F. J. HAM. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1975, **55**(5), 533-544. ISSN 0032-1052.

137. TEJWANI, N. C.; PAHK, B. a K. A. EGOL. Effect of posterior malleolus fracture on outcome after unstable ankle fracture. *Journal of Trauma*. 2010, **69**(3), 666-669. ISSN 0022-5282.
138. TORNETTA, P. a W. CREEEVY. Lag screw only fixation of the lateral malleolus. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2001, **15**(2), 119-121. ISSN 0890-5339.
139. VAN DEN Bekerom, M. P.; Kloen, P.; Luitse, J. S. a E. L. Raaymakers. Complications of Distal Tibiofibular Syndesmotic Screw Stabilization: Analysis of 236 Patients. *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2013, **52**(4), 456-459, 2013. ISSN 1067-2516.
140. VAN DEN Bekerom, M. P. J.; Lamme, B.; Hogervorst, M. a h. w. Bolhuis. Which Ankle Fractures Require Syndesmotic Stabilization? *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2007, **46**(6), 456-463. ISSN 1067-2516.
141. VAN DEN BEKEROM, M. P. J.; DE LEEUW, P. A. J. a C. N. VAN Dijk. Delayed operative treatment of syndesmotic instability. Current concepts review. *Injury*. 2009, **40**(11), 1137-1142. ISSN 0020-1383
142. VAN den Bekerom M. a a. Raven. Current concepts review: operative techniques for stabilizing the distal tibiofibular syndesmosis. *Foot & Ankle International*. 2007, **28**(12), 1302-1308. ISSN 1071-1007.
143. VIOREANU, M.; BROPHY, S.; DUDENEY, S.; HURSON, B.; KELLY, E.; O'ROURKE, K. a W. QUINLAN. Displaced ankle fractures in the geriatric population: Operative or non-operative treatment. *Foot and Ankle Surgery*. 2007, **13**(1), 10-14. ISSN 1268-7731.
144. VLČEK, M.; LANDOR, I.; HORÁK, Z.; MUSIL, V.; SOSNA, A. a D. JONÁŠ. Mathematical modelling for the comparison of plate and intramedullary osteosynthesis stability in intraarticular distal radius fractures. *Bratislava Medical Journal*. 2014, **115**(2), 107-111. ISSN 0006-9248.
145. WENDSCHE, P. a P. DRÁČ. Jsou operace malleolárních zlomenin snadné? *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2012, **79**(6), 540-548. ISSN 0001-5415.
146. WENNY, R.; DUSCHER, D.; MEYTAP, E.; WENINGER, P. a L. HIRTLER. Dimensions and attachments of the ankle ligaments: evaluation for ligament reconstruction. *Anatomical Science International*. 2015, **90**(3), 161-171. ISSN 1447-6959.
147. WESTACOTT, D. J.; ABOSALA, A. A. a N. M. KURDY. The factors associated with prolonged inpatient stay after surgical fixation of acute ankle fractures. *Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2010, **49**(2), 259-262. ISSN 1067-2516.
148. WINTERS, K. Functional outcome of surgery for fractures of the ankle. *Journal of the New Zealand Medical Association*. 2009, **122**(1289), 57-62. ISSN 0028-8446.

149. WOLFF, J. *Das Gesetz der Transformation der Knochen*. Berlin: Hirschwald, 1892.
150. WUKICH, D. K. a A. J. KLINE. The management of ankle fractures in patients with diabetes. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2008, **90**(7), 1570-1578. ISSN 0021-9355.
151. WUKICH, D. K.; LOWERY, N. J.; MCMILLEN, R. L. a R. G. FRYKBERG. Postoperative infection rates in foot and ankle surgery: A comparison of patients with and without diabetes mellitus. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2010, **92**(2), 287-295. ISSN 0021-9355.
152. YANG, Y.; ZHOU, J.; LI, B.; ZHAO, H.; YU, T. a G. YU. Operative exploration and reduction of syndesmosis in weber type c ankle injury. *Acta Ortopedica Brasileira*. 2013, **21**(2), 103-108. ISSN 1413-7852.
153. YDE, J. The Lauge Hansen classification of malleolar fractures. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1980, **51**(1), 181-192. ISSN 0001-6470.
154. ZAGHLOUL, A.; HADDA, B.; BARKSFIELD, R. a B. DAVIS. Early complications of Sumery in operative treatment of ankle factures in those over 60: A review of 186 cases. *Injury*. 2014, **45**(4), 780-783. ISSN 0020-1383.
155. ZALAVRAS, C. G.; CHRISTENSEN, T.; RIGOPOULOS, N.; HOLTOM, P. a M. J. PATZAKIS. Infection following operative treatment of ankle fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2009, **467**(7), 1715-1720. ISSN 0009-921X.

11. Publikace se vztahem k tématu dizertační práce

S IF

MARVAN, J.; DŽUPA, V.; KRBEC, M.; SKÁLA-ROSENBAUM, J.; BARTOŠKA, R.; KACHLÍK, D. a V. BÁČA. Distal tibiofibular synostosis after surgically resolved ankle fractures: An epidemiological, clinical and morphological evaluation of a patient sample. *Injury*. 2016, **47**(11), 2570-2574. ISSN 0020-1383. **IF 1,910/15**

MARVAN, J.; HORÁK, Z.; VILÍMEK, M.; HORNÝ, L.; KACHLÍK, D. a V. BÁČA. Fixation of Distal Fibular Fractures: A Biomechanical Study of Plate Fixation Techniques. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2017. DOI: 10.5277/ABB-00557-2016-02 ISSN 1509-409X. **IF 0,767/15**

MARVAN, J.; DŽUPA, V.; BARTOŠKA, R.; KACHLÍK, D.; KRBEC, M. a V. BÁČA. Transfixace nestabilních zlomenin hlezna Kirschnerovými dráty: indikace, technika provedení a výsledky. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2015, **82**(3), 216-221. ISSN 0001-5415. **IF 0,552/15**

BÁČA, V.; KACHLÍK, D.; BÁČOVÁ, T.; BARTOŠKA, R.; **MARVAN, J.;** DOUŠA, P.; SECREST, T. a V. DŽUPA. Anatomist and the pioneer of radiology Étienne Destot: 95th anniversary of his death. *Clinical Anatomy*. 2014. **27**(3), 282-285. ISSN 0897-3806. **IF 1,332/14**

BARTOŠKA, R.; BÁČA, V.; KACHLÍK, D.; **MARVAN, J.** a V. DŽUPA. The correlation between muscles insertions and topography of break lines in pertrochanteric fractures: a comprehensive anatomical approach of complex proximal femur injuries. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2013. **35**(10), 957-962. ISSN 0930-1038. **IF 1,333/13**

Bez IF

MARVAN J.: Zlomeniny hlezna. In: Džupa V., Báča V. (Eds): Učební texty k e-learningovému kurzu „Traumatologie pohybového aparátu“ (Elektronická forma). Praha, 3. LF UK 2014

MARVAN, J.; BĚLEHRÁDKOVÁ, H.; DŽUPA, V.; BÁČA, V. a M. KRBEC. Epidemiologické, morfologické a klinické aspekty zlomenin v oblasti hlezna. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovaca*. 2012, **79**(3), 269-274. ISSN 0001-5415.