

**Univerzita Karlova  
3. lékařská fakulta**

## **AUTOREFERÁT DIZERTAČNÍ PRÁCE**

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

MUDr. Jiří Marvan

2017

**Obor:** Experimentální chirurgie

**Předseda oborové rady:** Prof. MUDr. Jaroslav Živný, DrSc.

**Školící pracoviště:** Ortopedicko-traumatologická klinika 3. LF UK a FNKV  
Ústav anatomie 3. LF UK

**Autor:** MUDr. Jiří Marvan

**Školitel:** Prof. MUDr. Martin Krbec, CSc.

**Školitel konzultant:** Doc. MUDr. Václav Báča, Ph.D.

**Oponenti:**

Autoreferát byl rozeslán dne .....

Obhajoba se koná dne ..... v ..... hod. kde .....

## **Souhrn**

Zlomeniny hlezna představují komplexní poranění s různou prognózou. Ve statistikách našeho pracoviště zauímají dlouhodobě třetí místo za zlomeninami distálního radia a proximálního femuru. Nacházíme u nich velkou variabilitu poranění kostních i vazivových struktur, která vyžadují odpovídající řešení. Provedli jsme analýzu souboru pacientů operovaných na Ortopedicko-traumatologické klinice 3. LF UK a FNKV pro zlomeninu hlezna se zaměřením na epidemiologické, morfologické a klinické parametry. Cílem bylo doplnit informace v problematice uspořádání zlomenin hlezna.

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

Struktura kortikální kosti byla analyzována na suchých preparátech lidské lýtkové kosti metodou povrchových výbrusů. Vetřením tuše do vybroušené kortikální kosti jsme zobrazili směr a uspořádání sítě centrálních cévních kanálů a získali reálnou představu o prostorovém průběhu osteonů. Ten je adaptován na vnější zatížení tak, že výsledné uspořádání je optimální k přenosu mechanického zatížení. Pomocí  $\mu$ CT vyšetření jsme se snažili popsat uspořádání trámců spongiózní kosti distální fibuly s ohledem na oblast, ve které orientace systémů označuje směr dominantního namáhání.

V biomechanické části bylo předmětem numerických analýz zjištění odezvy modelovaného systému lýtkové kosti s fixovanou zlomeninou na zatížení a porovnání několika způsobů fixace zlomeniny fibuly. Hodnoceny byly tři modely fibuly se zlomeninou typu B podle Weberovy klasifikace. Podle výsledků MKP analýz (metoda konečných prvků) byla sledována především tuhost celého systému a následně napjatost jednotlivých částí modelu. Pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň byl nejtuzší model, kdy byla zlomenina fixována tahovým šroubem a dlahou se třemi šrouby proximálně i distálně od linie lomu.

## Summary

Ankle fractures can be serious and complex injuries with variable prognoses. In our department, ankle fractures are the third most common fracture behind fractures of the distal radius and the proximal femur. Ankle fractures present with considerable variability with regard to the extent of injury to bones and ligaments, with each injured structure requiring appropriate treatment.

We analyzed a group of patients that were surgically treated, in the Orthopedics and Traumatology Clinic, 3<sup>rd</sup> Medical Faculty of Charles University, for ankle fractures, with a particular focus on the epidemiological, clinical, and morphological parameters of the fractures. Our objective was to supplement existing information regarding the morphology of ankle fractures.

Furthermore, we wanted to experimentally verify certain aspects related to ankle fractures. Our first step was to focused on the structure of cortical and cancellous bone in the fibula by carrying out a biomechanical study of the distal fibula after treatment with various types of fixation.

The structure of fibular cortical bone was analyzed, using superficial sections, from dry preparations of a human fibula. By rubbing Indian ink into polished sections of cortical bone, we were able to visualize both the direction and organization of the central vascular channel network as well as get a realistic picture regarding the spatial orientation of osteons. We observed that the bone had adapted to external loads in such a way that the resultant arrangement of osteons was optimal for the transmission of mechanical forces within the bone. Using  $\mu$ CT tests, we described the orientation of the columns of cancellous bone in the distal fibula with regard to the dominant direction of stress as indicated by the orientation of the osteons.

The field of biomechanics uses numerical analyzes to model fibula fracture fixation, relative to load, as well as compare different methods of fibula fracture fixation. Three models were evaluated for a type B (Weber's classification) fracture of the fibula. The finite element method (FEM) was used to study the primarily stiffness of the overall system, followed by stress analysis of the individual components of the model. We found that for both physiological and osteoporotic bone, the stiffest model involved fractures fixed using lag screws and a plate with three screws proximal and three screws distal to the fracture line.

## Obsah

<b>1. Úvod</b>	<b>4</b>
<b>2. Hypotéza a cíle práce</b>	<b>4</b>
<b>3. Historické poznámky</b>	<b>5</b>
3.1. Poranění hlezna v historickém kontextu	5
3.2. Klasifikace	6
<b>4. Anatomické poznámky</b>	<b>6</b>
<b>5. Klinické poznámky</b>	<b>7</b>
5.1. Diagnostika zlomenin hlezna	7
5.2. Léčení zlomenin hlezna	7
<b>6. Analýza vlastního klinického souboru</b>	<b>8</b>
6.1. Soubor a metodika	8
6.2. Epidemiologické aspekty, výsledky	8
6.3. Morfologické aspekty, výsledky	8
6.3.1. Typ A podle Weberovy klasifikace	9
6.3.2. Typ B podle Weberovy klasifikace	9
6.3.3. Typ C podle Weberovy klasifikace	9
6.3.4. Izolované zlomeniny vnitřního kotníku	10
6.4. Způsoby operačního ošetření struktur hlezna, výsledky	10
6.5. Komplikace po operačním řešení zlomenin hlezna, výsledky	10
6.5.1. Poúrazová artróza	10
6.5.2. Synostóza distálního tibiofibulárního spojení	11
6.5.3. Pooperační rané komplikace	11
6.6. Diskuze a závěr	11
<b>7. Strukturální uspořádání distálního konce fibuly</b>	<b>13</b>
7.1. Úvod	13
7.2. Materiál a metodika	13
7.2.1. Výbrusy centrálních cévních kanálů distální fibuly – zobrazení osteonů	13
7.2.2. Zobrazení spongiózní kosti pomocí $\mu$ CT	13
7.3. Výsledky	14
7.4. Diskuze a závěr	14
<b>8. Experimentální biomechanické analýzy</b>	<b>14</b>
8.1. Úvod	14
8.2. Materiál a metodika	15
8.3. Výsledky	15
8.4. Diskuze a závěr	16
<b>9. Závěr dizertační práce</b>	<b>16</b>
<b>10. Vybraná literatura</b>	<b>17</b>
<b>11. Seznam publikací</b>	<b>18</b>
11.1. Publikace in extenso, které jsou podkladem dizertace	18
11.1.1. s IF	18
11.1.2. bez IF	19
11.2. Publikace in extenso, které nejsou podkladem dizertace	19
11.2.1. s IF	19
11.2.2. bez IF	19

# 1. Úvod

Zlomeniny hlezna 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 a v neposlední řadě riziko poúrazových komplikací a trvalých následků řadí tyto zlomeniny k závažným poraněním. Ve statistikách našeho pracoviště zauímají dlouhodobě třetí místo za zlomeninami distálního radia a proximálního femuru. Z těchto důvodů se jedná o vysoce aktuální téma.

Monotraumatata zůstávají dominující skupinou, i když v posledních letech je patrně zvyšující se zastoupení polytraumat a sdružených poranění. Léčení luxačních zlomenin hlezna je komplexní a jeho cílem je obnovení biomechanické stability kloubu s maximálním rozsahem pohybu. Ošetření vyžaduje správnou interpretaci poranění se zařazením do klasifikačního schématu, exaktní anatomickou repozici a stabilizaci. Z toho důvodu je v těchto případech indikováno spíše chirurgické řešení. Souběžně je nutno zhodnotit lokální nález oblasti hlezna, celkový stav pacienta a přidružené choroby, což také 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.

## 2. Hypotéza a cíle práce

Předložená dizertační práce má ověřit hypotézu:

1. Zpřesnění morfologického popisu terénu zlomeniny může ovlivnit 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, o níž neexistuje v literatuře mnoho zpráv, 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 (μCT).
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 hlezna v historickém kontextu

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. Hippocrates již kolem roku 300 př. n. l. ukázal podrobný popis lézí v oblasti hlezenního kloubu. Důležitost exaktní repozice talu do vidlice hlezenního kloubu pro jeho funkci uváděl již v prvním století A. Cornelius Celsus. Jean-Louis Petit (1674–1750) zdůrazňoval důležitost přesné repozice pro prevenci vzniku následných komplikací. V každém historickém období je patrný zájem o problematiku jednotlivých struktur hlezna a často různorodost názorů jednotlivých autorů na hlavní aspekty.

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 v oblasti syndezmózy. Obdobně zdůrazňoval zásadní roli fibuly pro fyziologické postavení v oblasti hlezna také Percival Pott (1714–1788). Zajímavé jsou nálezy Richarda von Volkmana, který kolem roku 1875 popsal odlomení přední hrany tibie a komplexní zlomeniny hlezna spojoval s extrémním valgózním násilím. Jako jeden z prvních autorů, který publikoval případ odlomené zadní hrany tibie, a to ještě před objevem RTG paprsků, je uváděn Astley Paston Cooper (1768–1841). Chaput (1899) prezentoval jako první její RTG

snímek. Podle Tantonu patřil Destot (1864–1918) k prvním, kdo objevil mechanismus a zdůraznil klinické relevance tohoto typu poranění. V německy mluvících zemích je většinou označována jako zlomenina Volkmannova trojúhelníku. Literární zdroje uvádějí, že první popis odlomení zadní hrany tibie je spojen se jménem Henry Earle, který tak učinil v roce 1828 /7/. V traumatologické praxi jsou používána četná eponyma (zlomenina Maissonneuvova, Pottova, Bosworthova, Chaputova, Le Fortova, Dupuytrenova a další).

### 3.2. Klasifikace

Rozvoj klasifikací souvisel v historickém kontextu s úrovní vědeckého poznání a vývojem zobrazovacích metod. Destot rozlišoval vlastní maleolární zlomeniny a dále zlomeniny spojené s marginálními abrupcemi tibie a dorzální části tibiální kloubní plochy. M. Henderson (1932) založil svoji klasifikaci na patologickoanatomických nálezech a dělil zlomeniny na izolované (mediální a laterální maleolus), bimaleolární a trimaleolární. Z hlediska historického pohledu, ale i třídění podle 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. Niels Lauge-Hansen (1899–1976) popsal jednotlivá stadia poranění struktur hlezna. Ve svých experimentálních studiích vycházel z postavení nohy v době úrazu (supinace nebo pronace) a ze směru působícího násilí (addukce, abdukce, everze). Weber (1966) rozdělil zlomeniny hlezna podle výšky lomné linie na fibule a vztahu lomné linie k tibiofibulární syndezmóze do tří základních typů (A, B a C). Rozdělení má i význam prognostický, kdy závažnost stoupá od typu A k typu C. V předkládané práci je využita jako základní klasifikace ke zhodnocení zlomenin. Principem AO klasifikace (1987) je trichotomická struktura dělení na principu morfologických charakteristik zlomenin.

## 4. Anatomické poznámky

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. Kloubní pouzdro je zesíleno systémem vazů, které zajišťují stabilitu

kloubu a jejichž napětí je závislé na postavení hlezenního a subtalárního kloubu. Vazy oblasti hlezenního kloubu jsou rozděleny, v závislosti na anatomické lokalizaci, na tři skupiny: laterální, mediální a oblasti tibiofibulární syndezmózy. Znalost topografie měkkotkáňových struktur je důležitá při provádění operačních přístupů u osteosyntézy zlomenin hlezna.

## 5. Klinické poznámky

### 5.1. Diagnostika zlomenin hlezna

Součástí **anamnézy** je zjištění mechanismu úrazu, které nám může pomoci při odlišení pronačního a supinačního poranění. **Klinickým vyšetřením** se zjišťuje deformita hlezna, otok, hematoma, buly, vitalita kožního krytu. Stav měkkých tkání významně ovlivňuje způsob ošetření. Při **RTG vyšetření** je prováděn základní standardní předozadní a boční snímek, doplněný šikmou projekcí ve vnitřní rotaci nohy kolem 15°. Zpracování CT obrazů dvojrozměrnou a trojrozměrnou rekonstrukcí umožňuje prostorové zobrazení dislokovaných kostních fragmentů, nepřímo podává obraz i o stavu ligamentózního aparátu hlezna a je nedílnou součástí předoperačního plánování. MRI je v indikovaných případech vhodné pro zobrazení měkkotkáňových 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. Problémovou oblastí v indikaci operační léčby je stav měkkých tkání (otok, hematoma, buly) v okolí hlezna a načasování operace. Operační revize a stabilizace se týká syndezmózy, zadní hrany tibie a mediálních i laterálních struktur.

Někdy se vyskytují situace, které vyžadují specifický přístup.

Autoři se shodují v názoru, že osteosyntéza zlomenin hlezna u starších pacientů přináší zvýšené riziko v souvislosti s osteoporózou, diabetes mellitus, horšími podmínkami kožního krytu a koexistencí patologických stavů interních stavů. Z důvodu horší retence implantátů v osteoporotické kosti v úvahu připadá použití LCP

dlahy, stabilizace syndezmózy několika šrouby, augmentace cementem nebo připojení přídavné dočasné transfixace Kirschnerovými dráty.

Vyšší riziko pooperačních ranných komplikací je uváděno u otevřených zlomenin, obezity a větší dislokace hlezna na úrazovém RTG.

## 6. Analýza vlastního klinického souboru

### 6.1. Soubor a metodika

**Cílem analýzy souboru pacientů bylo** doplnění informací v problematice uspořádání zlomenin hlezna. Celkem 398 pacientů bylo operováno během čtyř let pro zlomeninu hlezna. Byl proveden rozbor základních epidemiologických, morfologických a klinických ukazatelů a použita byla Weberova klasifikace. Jelikož izolované zlomeniny vnitřního kotníku nejsou podle této klasifikace hodnoceny, byly vyčleněny jako samostatná skupina. Měřené parametry, týkající se morfologie linií lomu, byly získány využitím zobrazovacího programu xViewer. Hodnocení po jednom roce od operace bylo provedeno formou klinického vyšetření, kontrolního RTG snímku a vyplněním dotazníku s hodnocením podle **Oleruda a Molandera (OMA)**. Výsledná data byla zpracována **statistickým a analytickým softwarem STATA 13.1**.

### 6.2. Epidemiologické aspekty, výsledky

Celý soubor 398 pacientů operovaných pro zlomeninu hlezna zahrnoval 194 mužů (48,7 %) a 204 žen (51,3 %). Otevřené zlomeniny představovaly 3,8 % z celkového počtu všech operovaných pacientů. 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 ( $p < 0,001$ ). Muži dominovali ve 3. a 4. decenniu a ženy v 6. a 7. decenniu. Muži měli OMA signifikantně vyšší (90,1) než ženy (86,7) ( $p = 0,044$ ) a s rostoucím věkem OMA signifikantně klesalo ( $p < 0,001$ ). Dominovalo zastoupení monotraumat (87,4 %). Každoročně byl zaznamenán signifikantní nárůst polytraumat a sdružených poranění oproti monotraumatům ( $p < 0,001$ ). 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. Nejvyšší průměrný věk měli pacienti při úrazu v domácím

prostředí ( $58,6 \pm 17,2$  let), nejnižší byl nalezen u úrazu při sportu ( $30,7 \pm 10,6$  let). Nejvíce byly zastoupeny úrazy ve venkovním prostředí (230 pacientů, 57,8 %), dále sportovní úrazy (53 pacientů, 13,3 %) a úrazy v domácím prostředí (51 pacientů, 12,8 %).

### 6.3. Morfologické aspekty, výsledky

Zlomeniny typu A podle Weberovy klasifikace tvořily 14 pacientů (3,5 %), zlomeniny typu B 279 pacientů (70,1 %) a zlomeniny typu C 97 pacientů (24,4 %). Izolované zlomeniny vnitřního kotníku se vyskytly u 8 pacientů (2,0 %). 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 ( $p < 0,001$ ). 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.

#### 6.3.1. Typ A podle Weberovy klasifikace

U 14 pacientů se **zlomeninou typu A** byla nalezena průměrná hodnota OMA 93.

#### 6.3.2. Typ B podle Weberovy klasifikace

**Na mediální straně se nejčastěji** vyskytla zlomenina vnitřního kotníku, a to u 169 pacientů (60,6 %). Laterálně bylo nalezeno 134 pacientů (48,0 %) s krátkou lomnou linií na fibule (do 3,5 cm). Zlomenina zadní hrany tibiae se vyskytla v 139 případech (49,8 %).

**Mediálně** byla u zlomenin vnitřního kotníku nalezena signifikantně nižší hodnota OMA (87,2) než u lézí deltového vazů (92,6) ( $p = 0,006$ ).

Pacienti s **linií lomu na fibule** delší než 3,5 cm vykazovali lepší hodnocení (91,7) než pacienti s linií kratší (87,0) ( $p = 0,008$ ). Bylo naznačeno nižší OMA u pacientů s velikostí odlomené **zadní hrany** nad 20 % kloubní plochy tibiae ( $p = 0,080$ ). U pacientů s dislokací talokrurálního kloubu nad 10 mm bylo patrně nižší OMA hodnocení ( $p = 0,028$ ).

#### 6.3.3. Typ C podle Weberovy klasifikace

Ke zlomenině vnitřního kotníku došlo v 52 případech (53,6 %), k lézi deltového vazů v 37 případech (38,1 %). Zlomenina zadní hrany se vyskytla u 40 pacientů (41,2 %). Většina případů (76 pacientů, 78,3 %) měla distální konec oblasti zlomeniny pod středem fibuly. Pouze 21 pacientů (21,7 %) mělo distální část zlomeniny v horní polovině fibuly.

Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v OMA skóre mezi jednotlivými typy mediálního postižení. 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 ( $p = 0,019$ ).

#### 6.3.4. Izolované zlomeniny vnitřního kotníku

Hodnocení OMA vykazovalo průměrnou hodnotu 95,1.

### 6.4. Způsoby operačního ošetření struktur hlezna, výsledky

**V této kapitole je podán přehled použitých metod a typů implantátů při ošetření distální fibuly, mediálních struktur, zadní hrany a oblasti syndezmózy.**

V případech **zlomenin typu B** byl **suprasyndezmální šroub** použit ve 30 případech (10,8 %) a jeho průměrná vzdálenost od hlezenního kloubu byla 3,3 cm. Dominující bylo použití suprasyndezmálního šroubu u **zlomenin typu C**, a to v 83 případech (85,6 %). 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). V případě použití dvou šroubů byla průměrná vzdálenost horního šroubu od kloubu 6,2 cm. 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) ( $p = 0,056$ ).

### 6.5. Komplikace po operačním řešení zlomenin hlezna, výsledky

#### 6.5.1. Poúrazová artróza

**Vzniká následkem poúrazového poškození struktur oblasti hlezna a může být výsledkem různých komplikací a hojení v neanatomickém postavení.** Z 358 hodnocených pacientů po jednom roce od operace se na RTG objevil různý stupeň artrotických změn u 113 pacientů (31,6 %). Využitím Olerudova-Molanderova skórovacího systému se potvrdilo, že pacienti bez artrotických známek na RTG mají signifikantně vyšší průměrnou hodnotu (92,3) oproti těm, kteří měli různý stupeň artrotických změn (79,6) ( $p < 0,001$ ). Ženy měly větší pravděpodobnost na vznik artrózy než muži ( $p < 0,001$ ). Průměrný věk pacientů bez artrózy byl 45,2 let a pacientů s artrotickými změnami 59,2 let ( $p < 0,001$ ). Pacienti s artrózou měli také signifikantně vyšší BMI než pacienti bez známek artrózy ( $p = 0,007$ ).

#### 6.5.2. Synostóza distálního tibiofibulárního spojení

U typu B se synostózy či nekompletní kostní přemostění vyskytly u 48 pacientů (18,8 %) a u typu C u 30 pacientů (34,9 %). Muži měli signifikantně větší pravděpodobnost vzniku synostóz ( $p = 0,001$ ). Věkový průměr mezi pacienty se synostózou a bez ní nebyl signifikantní (51,1 respektive 49,5 let) ( $p = 0,423$ ). Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v OMA hodnocení při vzájemném porovnání pacientů se synostózou, nekompletním kostním přemostěním nebo skupinou bez jejich nálezu. U pacientů s jedním suprasyndezmálním šroubem je patrné více synostóz nebo nepřemostujících kostních formací než u pacientů bez jeho použití ( $p < 0,001$ ).

#### 6.5.3. Pooperační ranné komplikace

V hodnoceném souboru 358 pacientů bylo nalezeno 281 případů (78,5 %) bez komplikací, 45 případů (12,6 %) povrchných infekcí, či marginálních nekrot, čtyři případy (1,1 %) s hlubokým infektem a 28 případů (7,8 %) nekomplikovaných stehových píštělí. Průměrné OMA hodnocení bylo u pacientů bez komplikací 89,1 a u pacientů s různým typem pooperační komplikace 85,2 ( $p = 0,058$ ). Sledované rizikové faktory vykazovaly statisticky vyšší počet komplikací. Jednalo se o starší pacienty nad 70 let ( $p = 0,003$ ), velké dislokace v talokrurálním kloubu ( $p = 0,016$ ), povrchné infekty pacientů s diabetes mellitus a pacienti s otevřenou zlomeninou. V našem souboru byl nález pouze jedné závažné **celkové komplikace** u mladého pacienta, kdy hluboká žilní trombóza s plicní embolizací proběhla nekomplikovaně s plným uzdravením.

### 6.6. Diskuze a závěr

**Epidemiologické aspekty.** V literatuře je patrný nekorelující výběr jednotlivých parametrů v různých studiích a tím obtížnost přesného porovnávání [12]. Hodnotili jsme pomocí Olerudova a Molanderova skórovacího systému, který byl použit i v souborech jiných autorů [9,12]. 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 mírnou převahu mužů. Muži dominovali ve 3. a 4. decenniu, ženy v 6. a 7. decenniu. U OMA hodnocení klesala hodnota s postupujícím věkem, což uvedl také Winters a spol. [12]. 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 ( $p = 0,110$ ) [12].

**Morfologické aspekty.** OMA hodnocení klesalo od typu A k typu C podle Weberovy klasifikace, což korelovalo se vzrůstající závažností zlomeniny. Obdobné výsledky uvedl i Winters a spol. [12] a Shah a spol. [9].

**U zlomenin typu B podle Weberovy klasifikace** bylo nalezeno signifikantně vyšší OMA hodnocení u pacientů s poraněním deltového vazy než u zlomeniny vnitřního kotníku ( $p = 0,006$ ), přestože je osteosyntéza vnitřního kotníku stabilní a umožňuje časnou funkční léčbu. Všimáme-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 převaha léze deltového vazy** ( $p = 0,003$ ).

**U zlomenin typu C** byly nalezeny obdobné výsledky, ale zajímavé bylo, že jsme se setkali spíše s nesignifikantností různých vztahů na rozdíl od typu B.

**Způsoby ošetření struktur hlezna.** Problematika operačního ošetření jednotlivých struktur hlezna je úzce spojena s morfologií zlomeniny a výsledky léčby. V práci jsou představeny jednotlivé aspekty chirurgické léčby.

Diskutovanou je otázka použití **pouze tahových šroubů** pro osteosyntézu fibuly u typu B podle Weberovy klasifikace. Indikována je u dostatečně dlouhé linie lomu, kvalitní kortikální kosti u pacientů nižšího věku, jak referovali také Tornetta a spol. [11].

**Při ošetření zlomeniny vnitřního kotníku** (viz výsledky) je zajímavé porovnání osteosyntézy dvěma **spongiózními 4,0 mm šrouby s bikortikálně zavedenými 3,5 mm kortikálními šrouby**. Parada a spol. ve svých pracích uvedli druhou variantu jako stabilnější [8]. 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. Ošetření odlomené **zadní hrany** je předmětem stále většího zájmu a ukazuje se rostoucí důležitost jejího provedení pro stabilitu hlezna [3]. Bohatě je v písemnictví diskutována **technika zavedení suprasyndezmálních šroubů** [4].

U zlomenin s **linií lomu v oblasti kolem středu fibuly** může být diskutováno, zda provádět na fibule osteosyntézu pouze dvěma suprasyndezmálními šrouby nebo dlahou v oblasti, kde může být riziko poranění důležitých struktur. Z výsledků našeho hodnocení je patrné, že použití pouze dvou suprasyndezmálních šroubů v těchto případech vykázalo nejnižší průměrnou hodnotu OMA (73,4).

**Rozborem pooperačních ranných komplikací jsme zjistili jejich vyšší výskyt u otevřených zlomenin, diabetes mellitus, vyššího věku obézních pacientů a dále v případech větších dislokací na úrazovém RTG snímku. Vyšší výskyt otevřených zlomenin než v našem souboru popsali Ahmad Hafiz a spol., kteří uvedli 23,7 % oproti námi zjištěným 3,8 % [1]. Z pozdních komplikací jsme pozorovali horší výsledky u pouřazové artrózy, ale zároveň naše výsledky v soulase s literárními údaji potvrdily, že synostózy distálního tibiofibulárního spojení nezpůsobují většinou závažné funkční problémy a subjektivní negativní pocity, a to i přes často pokročilé radiologické nálezy [2].**

## 7. Strukturální uspořádání distálního konce fibuly

### 7.1. Úvod

Z literatury je známý fakt, že tělo lýtkové kosti je pro svůj minimální nosný přínos v oblasti bérce používáno k různým typům štěpů při léčbě defektů dolní čelisti, různých ponádorových defektů dlouhých kostí a podobně [10]. Analýze struktury kortikální haverské kosti se dosud detailně věnovala řada autorů [5,10]. Zabývali se však pouze diafýzami dlouhých kostí nebo studiem kostí plochých a stále tak chybí detailní morfologický popis směru průběhu osteonů v kortikální kosti koncových částí dlouhých kostí, tedy i fibuly.

### 7.2. Materiál a metodika

**7.2.1. Výbrusy centrálních cévních kanálů distální fibuly – zobrazení osteonů**  
Struktura kortikální kosti byla analyzována na suchých preparátech lidské lýtkové kosti metodou povrchových výbrusů autorů Heřt a spol. [5]. Po zbrúšení povrchových lamel po celém obvodu diafýzy a distálního konce lýtkové kosti jsme vnitřně tuše zobrazili směr a uspořádání centrálních cévních kanálů.

#### 7.2.2. Zobrazení spongiózní kosti pomocí $\mu$ CT

Při studiu struktury spongiózní kosti byly preparáty fibuly skenovány pomocí  $\mu$ CT skeneru a rekonstrukce geometrie distálního konce fibuly byla provedena v programu Mimics (Materialise, Belgie).



### 7.3. Výsledky

Kortikální kost je přestavěna v haverské systémy, které probíhají v podélném směru dlouhé osy lýtkové kosti, tedy v ose dominantní zátěže. Distálně je směr osteonů mírně deviován od probíhajících hran kosti v odpovědi na torzní síly přenášející se na distální konec fibuly v souladu s biomechanikou pohybů hlezna.

Pod kloubní plochou *facies articularis malleoli lateralis* je patrná orientovaná nosníková stavba kostní tkáně. Na  $\mu$ CT byl patrný přechod mezi orientovanou architekturou kosti a oblastí, ve které orientace kostní tkáně nebyla významně patrna.

### 7.4. Diskuze a závěr

Naše morfologické poznatky z oblasti distálního konce fibuly nemají korelát s údaji v literatuře, neboť autoři se touto oblastí prakticky nezabývali. Výsledky však ukazují, že fibula je namáhána také přenosem torze, což je zohledněno velmi jemnou deviací systémů distální části fibuly od jednotlivých hran.

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. Místa přechodu orientovaných systémů v méně orientované systémy, stejně jako oblasti rozhraní systémů osteonů kortikální kosti, mohou mít vliv na vznik a průběh lomných linií na distálním konci fibuly.

V této části práce šlo 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

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. Metoda konečných prvků (MKP) je dlouhodobě úspěšně používaným nástrojem pro hodnocení odezvy biologických tkání a fixačního materiálu na vnější zatížení.

### 8.2. Materiál a metodika

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).

Geometrický model hlezenního kloubu byl vytvořen z CT snímků s pomocí program Mimics 12 a Rhinoceros. Fixace zlomeniny byla provedena pomocí konvenční třetinové dlahy a kortikálních šroubů velikosti 3,5 mm. Pro všechny kovové části modelu (dlaha, kortikální šrouby) byl ve všech realizovaných výpočtových analýzách aplikován homogenní elasto-plastický izotropní materiálový model s určenými materiálovými parametry. 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 [6]. Celý analyzovaný model byl zatížen silou odpovídající maximální síle působící v hlezenním kloubu při došlapu. Všechny výpočtové úlohy byly modelovány jako nelineární statické úlohy, které byly provedeny v programu Abaqus.

### 8.3. Výsledky

Cílem provedených výpočtových analýz bylo zjištění odezvy celého hodnoceného modelu na vnější zatížení. Při porovnání **celkové tuhosti** je evidentní, že pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň je nejtuhší model A3 ( $k_f = 400,9 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$  resp.  $k_p = 212,3 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ). Nejméně tuhý je u obou typů kostní tkáně model B ( $k_f = 366,8 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$  resp.  $k_p = 184,6 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) a to o 8,5 % resp. o 13,0 % vzhledem k modelu A3.

Pro hodnocení **napjatosti fixační dlahy** byla zvolena velikost redukováného napětí  $\sigma_{\text{red}}$  [MPa]. Na základě získaných výsledků, lze konstatovat, že fixační dlahy je dimenzována dostatečně vzhledem ke svému zatížení a to nezávisle na kvalitě kostní tkáně.

Odlišná je situace při hodnocení **zatížení fixačních šroubů**, kdy u analyzovaných modelů, nezávisle na kvalitě kostní tkáně, došlo k překročení limitní hodnoty meze kluzu  $\sigma_y$ .

Podle očekávání byly více zatíženy fixační šrouby při použití u osteoporotické kostní tkáně, kdy došlo k nárůstu velikosti maximálního redukováného napětí vzhledem k hodnotám pro fyziologickou kostní tkáň o 16,6 % (model A3), o 2,2 % (model A2) a o 13,2 % (model B).

Při hodnocení **zatížení kostní tkáně** je evidentní, že nejméně je zatížena kostní tkáň u modelu A3 ( $\sigma_{\text{red}}^f = 77,5$  MPa resp.  $\sigma_{\text{red}}^p = 94,2$  MPa).

#### 8.4. Diskuze a závěr

U výsledků MKP analýz byla sledována především **tuhost celého systému a následně napjatost jednotlivých částí modelu**. Výsledné hodnoty tuhosti modelovaného systému jsou ve shodě s očekáváním a se zkušeností z klinické praxe. Pro fyziologickou i osteoporotickou kostní tkáň je nejtuzší model A3, následuje model A2 a nejméně tuhým je model B. Při hodnocení napjatosti jednotlivých komponent modelu je ovšem nutné zcela zásadně přehodnotit výše uvedené. **Napjatost dlahy** je ve všech hodnocených případech téměř stejná. 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. 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** ( $\sigma_{\text{red}}^f = 77,5$  MPa resp.  $\sigma_{\text{red}}^p = 94,2$  MPa).

### 9. Závěr dizertační práce

Lze konstatovat potvrzení **první části hypotézy**, že zpřesněním morfologického popisu terénu zlomeniny spolu s hodnocením výsledků léčby může být ovlivněno spektrum vyšetřovacích metod. **Druhá část hypotézy** nebyla zcela kompletně potvrzena. 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.

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  $\mu$ 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 linie 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 instrumentárií a implantátů pro terapeutické účely.

### 10. Vybraná literatura

1. 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.
2. 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.
3. BARTONÍČEK, J.; KOSTLIVÝ, K. a I. TREŠL. Zlomeniny zadní hrany tibie u zlomenin hlezna. *Rozhledy v chirurgii*. 2012, **91**(9), 506-512.
4. 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.

5. HEŘT, J.; FIALA, P. a M. PETRÝL. Osteon orientation of the diaphysis of the long bone in man. *Bone*. 1994, **15**(3), s. 269-277.
6. KELLER, T. Predicting the compressive mechanical behavior of bone. *Journal of Biomechanics*. 1994, **27**(9), 1159-1168.
7. LAUGE, N. Fractures of the ankle: analytic historic survey as the basis of new experimental, roentgenological and clinical investigations. *Archives of Surgery*. 1948, **56**(3), 259-317.
8. PARADA, S. A.; KRIEG, J. C.; BENIRSCHKE, S. K. a S. E. NORR. Bicortical fixation of medial malleolar fractures. *American Journal of Orthopedics*. 2013, **42**(2), 90-92.
9. 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.
10. 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.
11. TORNETTA, P. a W. CREEVY. Lag screw only fixation of the lateral malleolus. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2001, **15**(2), 119-121.
12. WINTERS, K. Functional outcome of surgery for fractures of the ankle. *Journal of the New Zealand Medical Association*. 2009, **122**(1289), 57-62.

## 11. Seznam publikací

### 11.1. Publikace in extenso, které jsou podkladem dizertace

#### 11.1.1. s IF

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

- BÁČA, V.; KACHLÍK, D.; BĀČOVÁ, 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 petrochanteric 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**

#### 11.1.2. bez IF

- MARVAN J.: Zlomeniny hlezna. In: Džupa V., Bāča 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. KRBEČ. Epidemiologické, morfológické a klinické aspekty zlomenin v oblasti hlezna. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Českoslovacae*. 2012, **79**(3), 269-274. ISSN 0001-5415.

### 11.2. Publikace in extenso, které nejsou podkladem dizertace

#### 11.2.1. S IF

- BARTOŠKA, R.; BÁČA, V.; HORÁK, Z.; HRUBINA, M.; SKÁLA-ROSENBAUM, J.; **MARVAN, J.**; KACHLÍK, D. a V. DŽUPA. The importance of intramedullary hip nail positioning during implantation for stable petrochanteric fractures: biomechanical analysis. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2015, **38**/5, 577-585. **IF 1,050/15**

#### 11.2.2. bez IF

- DŽUPA V., FRIDRICH F., JEŽEK M., **MARVAN J.**, GRILL R., BÁČA V.: Riziko úmrtí pacienta s nestabilní zlomeninou pánve a poraněním velkých cév. *Rozhl. Chir.*, 2016, roč 95, č. 5. s. 192-195.

**MARVAN J.: Zlomeniny diafýzy a dolního konce humeru. In: Džupa V., Bába V. (Eds): Učební texty k e-learningovému kurzu „Traumatologie pohybového aparátu“ (Elektronická forma). Praha, 3. LF UK 2011**

**MARVAN J.: Zlomeniny distálního předloktí. In: Džupa V., Bába V. (Eds): Učební texty k e-learningovému kurzu „Traumatologie pohybového aparátu“ (Elektronická forma). Praha, 3. LF UK 2011.**

**MARVAN J.: Zlomeniny pánve. In: Džupa V., Bába V. (Eds): Učební texty k e-learningovému kurzu „Traumatologie pohybového aparátu“ (Elektronická forma). Praha, 3. LF UK 2012.**

**MARVAN J.: Zlomeniny proximálního humeru. In: Džupa V., Hoffmannová I., Bába V. (Eds): Učební texty k povinně volitelnému kurzu „Osteoporóza“ (Elektronická forma). Praha, 3. LF UK 2013.**

#### **Kapitola v monografii:**

CHMELOVÁ, J., DŽUPA, V., **MARVAN J.:** Diagnostika zlomenin pánve a acetabula. In: Džupa V., Pavelka T., Taller S. (Eds): Léčba zlomenin pánve a acetabula. Praha, Galén 2013, 45-51.