

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

Studijní program: Experimentální chirurgie



MUDr. Martin Kloub

**Operační léčba zlomenin proximálního humeru úhlově stabilními
hřeby – prospektivní studie**

**Operative treatment of the fractures of the proximal humerus with
angular stable nails – prospective study**

Disertační práce

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: doc. MUDr. Valér Džupa, CSc.

Praha, 2014

Dizertační práce byla vypracována v rámci postgraduálního doktorského studia biomedicíny, oborová rada Experimentální chirurgie. Práce vznikla na pracovišti Úrazového oddělení Nemocnice České Budějovice a.s. a výzkumném centru AO v Davosu, Švýcarsko.

Autor práce: **Martin Kloub**

Vedoucí práce: **doc. MUDr. Valér Džupa, Csc.**

Oponent práce:

Datum obhajoby:

Hodnocení:

Bibliografický záznam

KLOUB, Martin. *Operační léčba zlomenin proximálního humeru úhlově stabilními hřebíky – prospektivní studie*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 2014, 73 s. Vedoucí dizertační práce doc. MUDr. Valér Džupa, CSc.

Anotace

Dizertační práce „Operační léčba zlomenin proximálního humeru úhlově stabilními hřebíky – prospektivní studie“ pojednává o strategii operační léčby zlomenin horního konce pažní kosti nově vyvinutými úhlově stabilními hřebíky. Práce má dvě části – experimentální a klinickou. V experimentální části byly postupným zatížením testovány tříúložkové zlomeniny standardně vytvořené z kadaverozních preparátů a osteosyntézované hřebem Targon PH. V klinické části byly zjištěny dlouhodobé klinické výsledky léčby zlomenin proximálního humeru hřebem Targon PH na vlastním souboru. Na vlastním souboru prezentovány dlouhodobé výsledky léčby zlomenin horního konce pažní kosti hřebem Targon PH odděleně pro zlomeniny extraartikulární a zlomeniny tří- a čtyřfragmentové. V experimentální části práce byly potvrzeny výborné biomechanické vlastnosti těchto implantátů a jejich vhodnost pro ošetření tříúložkových zlomenin. Dlouhodobé výsledky zjištěné v klinické části pak potvrdily efektivitu léčby všech typů zlomenin pomocí nitrodřeňového hřebu Targon PH. U dvouúložkových zlomenin bylo zjištěno vysoké procento zhojení zlomenin, minimální množství komplikací a rovnoměrnost dosažených výsledků ve všech věkových skupinách, u tří- a čtyřúložkových zlomenin pak signifikantní závislost funkčního výsledku a rozvoje osteonekrózy hlavice na kvalitě repozice. Práce tak přináší nový pohled na strategii léčby dislokovaných zlomenin, kdy zejména u víceúložkových zlomenin byla doposud jednoznačně preferovanou technikou osteosyntéza úhlově stabilními dlahami.

Annotation

Dissertation work „Operative treatment of the fractures of the proximal humerus with angular stable nails – prospective study“ deals with strategy of the operative treatment of the proximal humerus with angular stable nails. Thesis is divided into two parts – experimental and clinical. In experimental part were by the novel technique from

cadavers prepared three part fractures and stabilized by the intramedullary nail Targon PH tested. In the clinical part were analysed long-term results of the treatment by this technique in own cohort of patients. Experimental part of the thesis showed excellent biomechanical features of the osteosynthesis and confirmed suitability of this technique for the treatment of humeral head fractures. Longterm results obtained in the clinical part then confirmed effectiveness of the treatment for all types of the fractures of the proximal humerus by intramedullary nail Targon PH. In the group of the fractures of the surgical neck were found out majority of excellent or good results in all age groups with low rate of complications, in the group of the fractures of humeral head significant dependance of the clinical result and head necrosis development on the quality of the reduction of the fracture. Thesis brought new perspective onto the strategy of the treatment of displaced fractures of proximal humerus, where especially for the fractures of the humeral head locking plate technique was unambiguously preferred.

Klíčová slova

Humerus, proximální, hřebování, dlouhodobé výsledky, kvalita repozice, nekróza,

Keywords

Humerus, proximal, nailing, longterm, reduction, necrosis

PROHLÁŠENÍ	7
PODĚKOVÁNÍ	8
SEZNAM ZKRATEK	9
1 ÚVOD	10
2 PŘEHLED PROBLEMATIKY	11
2.1 INCIDENCE	11
2.2 RIZIKOVÉ FAKTORY	12
2.3 MORFOLOGIE ZLOMENIN	12
2.3.1 <i>Anatomické poznámky</i>	12
2.3.2 <i>Klasifikace zlomenin</i>	15
2.4 DIAGNOSTIKA	17
2.5 LÉČBA ZLOMENIN PROXIMÁLNÍHO HUMERU	20
2.5.1 <i>Konzervativní léčba</i>	20
2.5.2 <i>Miniinvazivní osteosyntéza</i>	21
2.5.3 <i>Dlahy</i>	21
2.5.4 <i>Hřeby</i>	23
2.5.5 <i>Kloubní náhrady</i>	23
2.6 KOMPLIKACE ZLOMENIN PROXIMÁLNÍHO HUMERU	24
2.7 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ LÉČBY	25
3 VLASTNÍ PRÁCE	27
3.1 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST PRÁCE	28
3.1.1 <i>Cíl a hypotéza experimentální části práce</i>	28
3.1.2 <i>Metoda experimentální části práce</i>	28
3.1.2.1 <i>Studijní skupiny</i>	28
3.1.2.2 <i>Příprava preparátů</i>	29
3.1.2.3 <i>Testovací setup</i>	31
3.1.2.4 <i>Zátěžový protokol</i>	32
3.1.2.5 <i>Shromažďování dat a jejich analýza</i>	33
3.1.2.6 <i>Oblasti zájmu</i>	33
3.1.3 <i>Výsledky</i>	35
3.1.4 <i>Diskuze</i>	36
3.1.5 <i>Závěr experimentální části práce</i>	37
3.2 KLINICKÁ ČÁST PRÁCE	38
3.2.1 <i>Cíl a hypotéza klinické části práce</i>	38
3.2.2 <i>Metoda</i>	38
3.2.2.1 <i>Design studie</i>	38
3.2.2.2 <i>Soubor pacientů</i>	38
3.2.2.3 <i>Sběr dat</i>	39
3.2.2.4 <i>Chirurgický postup léčby</i>	39
3.2.2.5 <i>Vyšetření RTG dokumentace</i>	42
3.2.2.6 <i>Klinické vyšetření</i>	44
3.2.2.7 <i>Statistické zhodnocení</i>	46
3.2.3 <i>Výsledky</i>	46
3.2.3.1 <i>Zlomeniny chirurgického krčku – typ 11A AO, Neer III</i>	46
3.2.3.2 <i>Zlomeniny hlavice humeru 11B,11C AO ASIF, Neer IV-IV</i>	49
3.2.4 <i>Diskuze</i>	55
3.2.4.1 <i>Zlomeniny chirurgického krčku – typ 11A AO, Neer III</i>	55
3.2.4.2 <i>Zlomeniny hlavice humeru 11B,11C AO ASIF, Neer IV-IV</i>	56
3.2.5 <i>Závěr klinické části práce</i>	61
3.2.5.1 <i>Zlomeniny chirurgického krčku humeru 11A, Neer III</i>	61
3.2.5.2 <i>Zlomeniny hlavice humeru 11B,C, Neer IV-VI</i>	61

4 ZÁVĚR	62
5 POUŽITÁ LITERATURA.....	64

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato diplomová práce byla umístěna v Ústřední knihovně UK a používána ke studijním účelům.

V Českých Budějovicích, 20. 3. 2014

Martin Kloub

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval MUDr. Pavlu Kopačkovi, primáři Oddělení úrazové chirurgie Nemocnice České Budějovice a.s., bez jehož dlouholeté podpory by se má práce nemohla nikdy uskutečnit. Dále bych chtěl poděkovat kolegům z oddělení, zejména MUDr. Karlu Holubovi, MUDr. Aleši Křiváčkovi, MUDr. Danielu Mahovskému, MUDr. Jiřímu Urbanovi a dalším, kteří mi pomáhali se zhodnocením klinické části studie, a rovněž všem ostatním kolegům, kteří mě zastupovali v době mé nepřítomnosti na pracovišti.

Neocenitelnou pomoc v experimentální části práce mi poskytlo výzkumné centrum AO v Davosu, jmenovitě Boyko Georgiuev, vedoucí experimentálních projektů.

V neposlední řadě patří můj velký dík oběma školitelům, kteří se podíleli na mém postgraduálním studiu a trvale mě při něm podporovali - doc. MUDr. Petru Višňovi, PhD. a doc. MUDr. Valéru Džupovi, Csc.

Seznam zkratk

3D	Trojrozměrný
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ANOVA	ANalysis Of VAriance
AVN	Avaskulární nekróza
BMD	Bone Mineral Density
CS	Constant score
CS ^{abs}	Constant score absolutní
CS ^{rel}	Constant score relativní
CT	Počítačová tomografie
EBM	Evidence Based Medicine
K drát	Kirschnerův drát
LCP	Locking Compression Plate
MRI	Magnetická rezonance
PHILOS	Proximal Humerus Internal LOcking System
SECEC – ESSSE	European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow
ÚZIS ČR	Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky

1 Úvod

Téma své dizertační práce „Operační léčba zlomenin horního konce pažní kosti úhlově stabilními implantáty“ jsem si zvolil na základě svého dlouholetého zájmu o tuto problematiku. Zlomeniny proximálního humeru léčím na Oddělení úrazové Nemocnice České Budějovice od roku 1998 a od této doby se léčba zásadním způsobem proměnila. Důvodem je na jedné straně narůstající počet starších pacientů a stále častěji větší náročnost na výsledek léčby, na druhé straně příchode nových implantátů s úhlově stabilními šrouby. Zásadní zvýšení stability osteosyntézy zlomenin v této oblasti umožnilo bezpečně stabilizovat i velmi komplikované zlomeniny v osteoporotickém terénu, právě u starších pacientů tak typickém. Převažujícím implantátem pro ošetření dislokovaných zlomenin proximálního humeru je dlaha s úhlově stabilními šrouby. Hřeby byly indikovány většinou pro zlomeniny chirurgického krčku. Na naše oddělení byly nitrodřeňové hřeby Targon PH určené k ošetření zlomenin proximálního humeru zavedeny v roce 2004. Zkušenosti s tímto implantátem vedly na našem oddělení postupně k vytlačení úhlově stabilních dlah z použití pro zlomeniny proximálního humeru. Důvodem byla zejména snadnější repozice z přístupu používaného k implantaci hřebu. S narůstajícím počtem ošetřených pacientů vyvstala nutnost zhodnocení úspěšnosti léčby.

Předložená dizertační práce si proto dala dva hlavní cíle. Za prvé, zjistit experimentálně stabilitu osteosyntézy tříúlomkové zlomeniny proximálního humeru vytvořené z kadaverózního preparátu a osteosyntézované nitrodřeňovým hřebem Targon PH. Za druhé pak zhodnotit dlouhodobé výsledky léčby tímto implantátem na vlastním klinickém souboru.

2 Přehled problematiky

2.1 Incidence

Zlomeniny horního konce pažní kosti patří k nejčastějším zlomeninám dospělých pacientů. Dle epidemiologických šetření se jejich incidence pohybuje kolem 105 zlomenin/100 000 obyvatel/rok.

Zatímco u mladších pacientů, kde převládá vysokoenergetický mechanismus úrazu, je zastoupení zlomenin mezi muži a ženami rovnoměrné, ve vyšším věku převládají zlomeniny u žen v poměru přibližně 3:1 a mechanismem úrazu je často běžný pád. Prospektivní epidemiologická studie Court-Browna a spol. studovala 1027 zlomenin proximálního humeru a charakterizovala je jako zlomeniny s unipolární distribucí s nejvyšší věkově-specifickou incidencí u žen mezi 80-89 rokem (1). Dle této studie jsou pouze v 7 % procentech postižení pacienti mladší 50 let, naopak v 76 % pacienti starší 70 let. Lauritzen a spol. stanovili pro 60letou pacientku s pravděpodobnou délkou života 81 let 8% riziko zlomeniny horního konce pažní kosti (2).

Častější výskyt zlomenin u starších pacientů a současné stárnutí populace s sebou přináší zvyšující se absolutní počty těchto zlomenin, jak prokázala Švédská epidemiologická studie, která shromáždila 2125 zlomenin během 30 let (3). Stejný trend potvrdily i další studie z Dánska a České republiky (4) (5). Problémem častějšího výskytu zlomenin u starších pacientů je jejich četnější komorbidita, horší kvalita skeletu a vyšší procento komplikací léčby. K těmto skutečnostem je potřeba při stanovení strategie léčby přihlížet.

Přibližně 60-80 % zlomenin horního konce pažní kosti tvoří zlomeniny nedislokované nebo jen s malou dislokací fragmentů. V léčbě těchto zlomenin dominuje konzervativní postup, důvodem pro operační léčbu však může být rychlejší návrat do zaměstnání nebo vyšší soběstačnost pacientů. Přibližně 20-40 % zlomenin jsou zlomeniny dislokované. Pro zařazení zlomeniny do této skupiny jsou obecně přijímána kritéria dislokace dle Neera, kdy jako dislokované zlomeniny jsou hodnoceny zlomeniny s více než 5 mm dislokací mezi hlavními fragmenty nebo jejich více než 45 ° úhlovou dislokací.

2.2 Rizikové faktory

Zlomeniny horního konce pažní kosti vznikají častěji v osteoporotickém terénu u pacientů ve vyšším věku. Incidence redukované kostní hustoty, tedy osteoporóza a osteopenie u pacientů nad 50 let u extravertebrálních zlomenin dosahuje 70-96 % (6, 7). Častější je u žen, což vysvětluje vyšší výskyt těchto zlomenin oproti mužům (8).

Na výskyt osteoporotických zlomenin mají vliv rovněž faktory nutriční, například pokles hladin vitamínu D a vápníku, ztráty sodíku a deficiencie vitamínu C a K, které vedou ke snížení BMD (kostní minerálové hustoty) (9). Dlouhodobý abúzus alkoholu nebo užívání kortikoidů vedou rovněž ke snížení BMD (8).

Mechanismus úrazu

Nejčastější příčinou vzniku zlomeniny je v 87 % pád na nataženou končetinu u stojícího pacienta (10). Zlomeniny proximálního humeru u mladších pacientů a dětí jsou typicky následkem vysokoenergetického mechanismu, jako autohavárie nebo pádu z velké výšky. Pokud je vysokoenergetický mechanismus příčinou vzniku zlomeniny u starších pacientů, často vznikají zlomeniny s tříštivými zónami nebo zlomeniny multifragmentové. U polytraumatizovaných pacientů je důležité podrobné vyšetření pacienta, aby nedošlo k přehlédnutí těchto zlomenin. Spirální celotělové CT, které je v současnosti standardním vyšetřením u těchto pacientů, zlomeninu proximálního humeru spolehlivě odhalí. Výsledný charakter zlomeniny – tedy její lokalizaci a počet fragmentů - je dán kvalitou skeletu, množstvím a směrem energie působící na končetinu a množstvím energie, kterou pohltí okolní měkké tkáně. Vliv má rovněž postavení hlavice vzhledem ke glenoidu ve chvíli úrazu. V neposlední řadě ovlivní typ zlomeniny současný tah zevních i vnitřních rotátorů.

2.3 Morfologie zlomenin

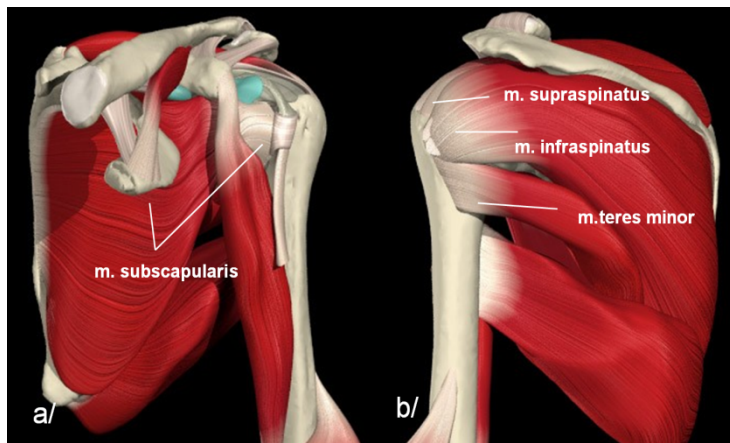
2.3.1 Anatomické poznámky

Optimální funkce glenohumerálního kloubu závisí na jeho správném anatomickém a osovém postavení. Porozumění jeho anatomii a topografií je proto základním předpokladem úspěšné léčby. Již malé změny anatomické konfigurace mohou vést k funkčnímu deficitu.

Ramenní kloub je kulovitým kloubem s největším rozsahem pohybu v lidském těle. Jamku – glenoid – tvoří relativně malá a plochá část lopatky a kyjovitá část horního konce pažní kosti je spojena s lopatkou relativně volným kloubním pouzdem. Vlastní vazivový aparát se na stabilitě kloubu podílí jen minimálně a hlavní význam mají kolemkloubní svaly tzv. rotátorová manžeta.

Hlavici pažní kosti tvoří 1/3 až 2/5 povrchu koule, která je v celém rozsahu kryta chrupavkou a k diafýze je připojena krátkým anatomickým krčkem. Osa anatomického krčku je vzhledem k ose diafýzy pažní kosti skloněna v tzv. kolodíafyzárním úhlu (head shaft úhel) 120-150 ° (11, 12). Navíc je hlavice vzhledem k rovině frontální proložené kondyly humerů stočena o 15–20 ° dorzálně (retroverze), tak aby lépe korespondovala s kloubní plochou glenoidu, která směřuje přibližně 30 ° ventrolaterálně.

Na přední ploše humeru se nachází oválná vyvýšenina – *tuberculum minus* – malý hrbolek, který slouží jako úpon pro *m. subscapularis*. Na laterální straně se hrbolek



Obrázek 2.1 Svaly rotátorové manžety, vytvořeno v programu Primal picture 3D anatomy

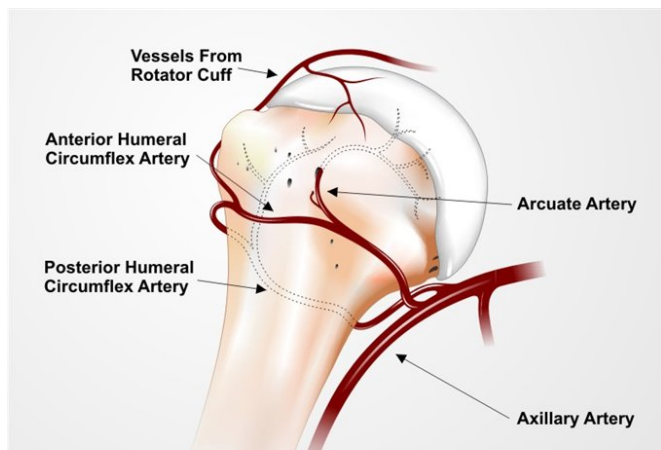
svažuje do intertuberkulárního sulku, kde probíhají cévy vyživující hlavici humeru (viz dále) a dlouhá šlacha *m. biceps brachii*. Laterální část proximálního konce humeru tvoří mohutná kostní vyvýšenina *tuberculum majus* na kterou se upínají další svaly

rotátorové manžety - *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus* a *m. teres minor* (obr. 2.1). Zúžené místo pod oběma hrbolky se nazývá chirurgický krček a vzhledem relativnímu oslabení kortiky v tomto místě je predilekčním místem vniku zlomenin.

Povrchový reliéf ramenní krajiny je tvořen mohutným svalem – *m. deltoideus*, který se skládá ze tří základních porcí – klavikulární, akromiální a spinální. Všechny jeho tři části se spojují do společného úponu na zevní straně paže, přibližně ve středu diafýzy. Vnitřní plocha svalu naléhá na laterální část kloubního pouzdra a svaly rotátorové manžety a je od nich oddělena velkou subdeltoideální burzou. Inervace deltového svalu je zajištěna z terminálních větví axilárního nervu.

Vlastní rotátorová manžeta je tvořena srůstem čtyř svalů – *m. subscapularis*, *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus* a *m. teres minor*. Průběhem dlouhé šlachy bicepsu je manžeta rozdělena na dvě nestejně velké části. Přední část tvoří mohutný *m. subscapularis* začínající na přední ploše lopatky a upínající se na malý hrbolík. Tento sval je inervován z *n. subscapularis* a odpovídá za vnitřní rotaci ramene. Druhou část manžety tvoří zevní rotátory inervované z *n. suprascapularis* – *m. supraspinatus* a *m. infraspinatus*, z axilárního nervu je pak zajištěna inervace *m. teres minor*. Všechny uvedené svaly se upínají na horní a dorzální část hlavice humeru. Svaly rotátorové manžety jsou znázorněny na obrázku 2.1.

Cévní zásobení hlavice humeru je zajištěno ze dvou větví *a. axilaris* a to z *a. circumflexa humeri posterior* a *a. circumflexa humeri anterior* (13, 14). Zadní silnější část vydává několik větví pro přilehlou část velkého hrbolku a zadní mediální část anatomického krčku. Přední z obou větví přechází na přední plochu humeru ve výši chirurgického krčku, vydává větve pro malý hrbolík, nejsilnější z jejich větví se stáčí podél dlouhé šlachy bicepsu a v horní části sulku vydává větve k oběma hrbolkům a hlavici. Vzhledem ke svému vlnitému průběhu bývá nazývána *a. arcuata* – Laingova arterie. Obě



cévy spolu vzájemně anastomózují. **Obrázek 2.2** Cévní zásobení hlavice humeru, vytvořeno v programu Corel Draw
V hlavici arterie anastomózují s cévami přicházejícími rotátorovou manžetou (obr. 2.2).

Z nervových struktur je nejvýznamnější průběh *n. axilaris*. Ten po svém prostupu ve *foramen humerotricipitale* obtáčí chirurgický krček humeru a směřuje pod dolní plochou deltového svalu ventrálně a lehce vzhůru, kde vydává několik motorických větví pro *m. deltoideus*.

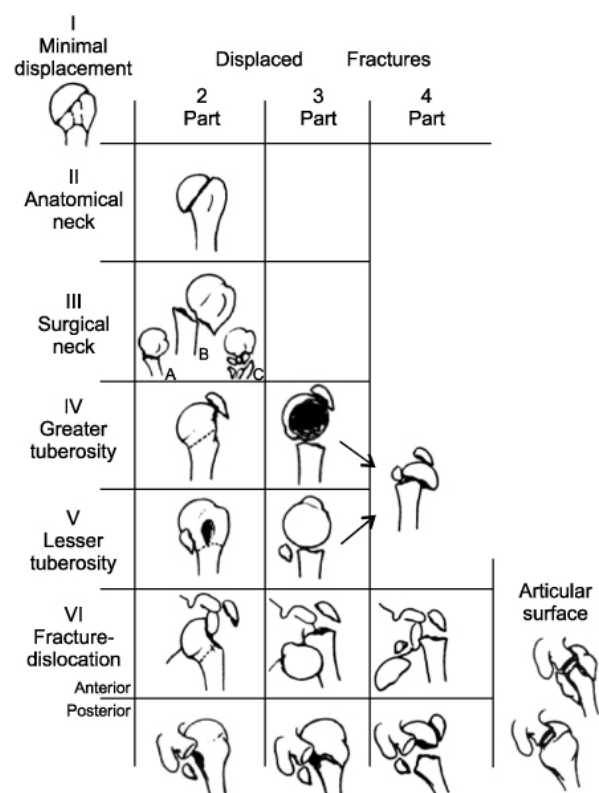
Z popisného hlediska lze rozdělit pohyb ramenního kloubu na základní tři druhy pohybu. Abdukci – addukci, ventrální flexi a dorzální flexi, a vnitřní a zevní rotaci. Ostatní druhy pohybu jako je elevace (pohyb v dlouhé ose pažní kosti v ose lopatky) je dán vzájemnou kombinací základních druhů pohybů, v tomto případě – abdukci a ventrální flexi ramenního kloubu. Z celkového rozsahu pohybů elevace (180 °) se pouze

přibližně 120 ° odehrává v glenohumerálním skloubení, a 60 ° pak mezi lopatkou a hrudníkem – thorakoskapulárním skloubení. V prvních přibližně 30 ° elevace se odehrává pohyb pouze v glenohumerálním skloubení, mezi 30 a 170 ° elevace se na každých 15 ° pohybů odehrává 10 ° v glenohumerálním skloubení a 5 ° ve spojení thorakoskapulárním. Tento pohyb se nazývá humeroskapulární interval. Pro terminální fázi elevace do 180 ° je pak nutná rotace hlavice humeru zevně (15).

2.3.2 Klasifikace zlomenin

Pro zlomeniny proximálního humeru se užívá celá řada klasifikací, které se vyvinuly na základě předpokládaného vzniku mechanismu úrazu nebo průběhu lomných linií. Většina současně používaných klasifikací vychází ze základního pozorování Codmana a jeho rozdělení proximálního humeru na čtyři základní segmenty – hlavici, velký hrbolek, malý hrbolek a diafýzu. Pro spolehlivé klasifikování zlomeniny je často nutné provedení CT vyšetření s 3D rekonstrukcí.

Neerova klasifikace: Tato klasifikace je v současnosti asi nejpoužívanější klasifikací zlomenin proximálního humeru. Neerova práce vycházela z analýzy RTG snímků a peroperačních nálezů, kdy zohledňuje základní Codmanovo členění na čtyři hlavní segmenty (16). Neer rozdělil zlomeniny do šesti základních typů a tří skupin (podle počtu poraněných segmentů). Jednoznačným přínosem této klasifikace je vyčlenění zlomenin typu Neer I – nedislokované zlomeniny, nebo zlomeniny s minimální dislokací. Současně Neer stanovil i míru dislokace rozhodující pro zařazení zlomenin k tomuto typu. Hranicí je dislokace do 1



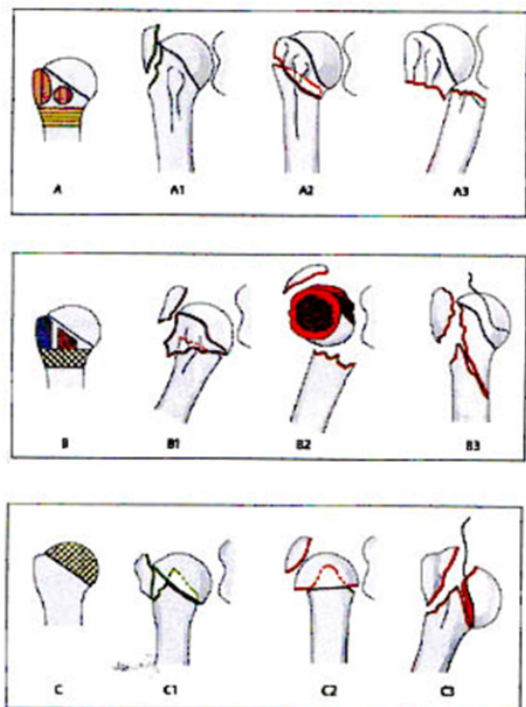
Obrázek 2.3 Neerova klasifikace, volně podle Neera

cm nebo úhlová dislokace do 45 °. Tyto zlomeniny navrhuje léčit konzervativně, bez

ohledu na počet fragmentů. Typ Neer II představuje zlomenina v oblasti anatomického krčku s dislokací, tyto zlomeniny jsou extrémně vzácné. Do skupiny Neer III patří zlomeniny chirurgického krčku, které je možné rozdělit na tři podtypy podle toho, zda se jedná o zlomeniny zaklíněné, s translací nebo tříštivé. Typy Neer II a III jsou zlomeniny dvouúlomkové. U typu Neer IV dochází k odlomení velkého hrbolku s dislokací. Podle přítomnosti dalších zlomenin – v oblasti chirurgického krčku nebo malého hrbolu – pak je pak tyto zlomeniny možno rozdělit na podskupiny dvouúlomkových zlomenin (pouze velký hrbol), tříúlomkových (velký hrbol a chirurgický krček) nebo čtyřúlomkových (oba hrboly + chirurgický krček). Stejně je konstruován i typ V, s tím, že úvodní zlomeninou je zlomenina malého hrbolu. Je zřejmé, že v podtypu čtyřúlomkové zlomeniny se oba typy IV a V stýkají, takže tato zlomenina může být klasifikována jak IV.4, tak V.4. Typ Neer VI pak zahrnuje nejzávažnější typy luxačních zlomenin. S výjimkou zlomenin typu Neer II, kde je hlavice zcela oddělena od veškerého cévního zásobení, s narůstajícím typem zlomeniny vzrůstá i její závažnost. Tato klasifikace byla v posledních době Neerem doplněna a aktualizována. Ve skupině čtyřúlomkových zlomenin Neer V byly popsány dva podtypy

a to zlomeniny A typu - valgus impakční zlomeniny s předpokládanou zachovalou vitalitou hlavice humeru v místě mediálního periostu a B typ zlomeniny s dislokovanou avitální hlavicí(17). Klasifikace je znázorněna na obrázku 2.3.

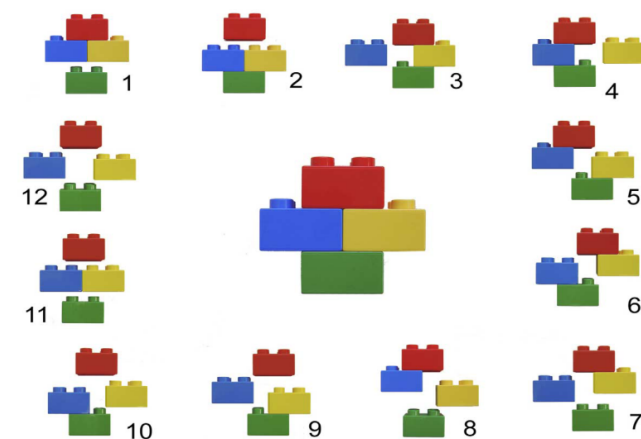
AO klasifikace: Základní manuál AO klasifikace byl publikován Müllerem a spol. v roce 1987 a přepracován byl v roce 1990 (18). Zlomeniny proximálního humeru jsou označeny číslem 11 (1 - humerus a 1 - proximální část). Zlomeniny jsou rozděleny na tři hlavní typy: A – dvouúlomkové zlomeniny B – tříúlomkové zlomeniny – zlomenina chirurgického krčku s odlomením některého z hrbolků včetně luxačních a typ C – čtyřúlomkové zlomeniny včetně



Obrázek 2.4 AO klasifikace zlomenin proximálního humeru – Müller ME, Nazarian S, Koch P, et al (1990) *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones*. 1st ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag

luxačních. Každý typ je rozdělen do tří hlavních skupin a každá ze skupin do tří podskupin. V praxi se ale podskupiny téměř nevyužívají a v naprosté většině literatury se setkáváme s dělením do 9 hlavních skupin. S narůstajícím typem a skupinou klasifikace narůstá i míra závažnosti zlomeniny. AO klasifikace je znázorněna na obrázku 2.4.

Hertelova binární klasifikace – lego klasifikace: Patří mezi novější, ale stále častěji používaný typ klasifikace. Hertel opět vychází ze základního Codmanova schématu a na základě kombinací vzájemných poměrů mezi jednotlivými fragmenty rozděluje



Obrázek 2.5 Hertelova binární klasifikace – “LEGO”, základě analýzy 100 operovaných volně podle Hertela

zlomeniny proximálního humeru do 12 skupin (19). Největším přínosem této klasifikace je vyčlenění typů zlomenin s devaskularizovanou hlavicí, bez zachování cévního zásobení. Kromě typu 2 – head split fraktury jsou to typy 9 - 12. Současně na základě analýzy 100 operovaných intrakapsulární zlomenin

proximálního humeru stanovil Hertel kritéria predikující riziko avaskulární nekrózy. Klasifikace je znázorněna na obrázku 2.5.

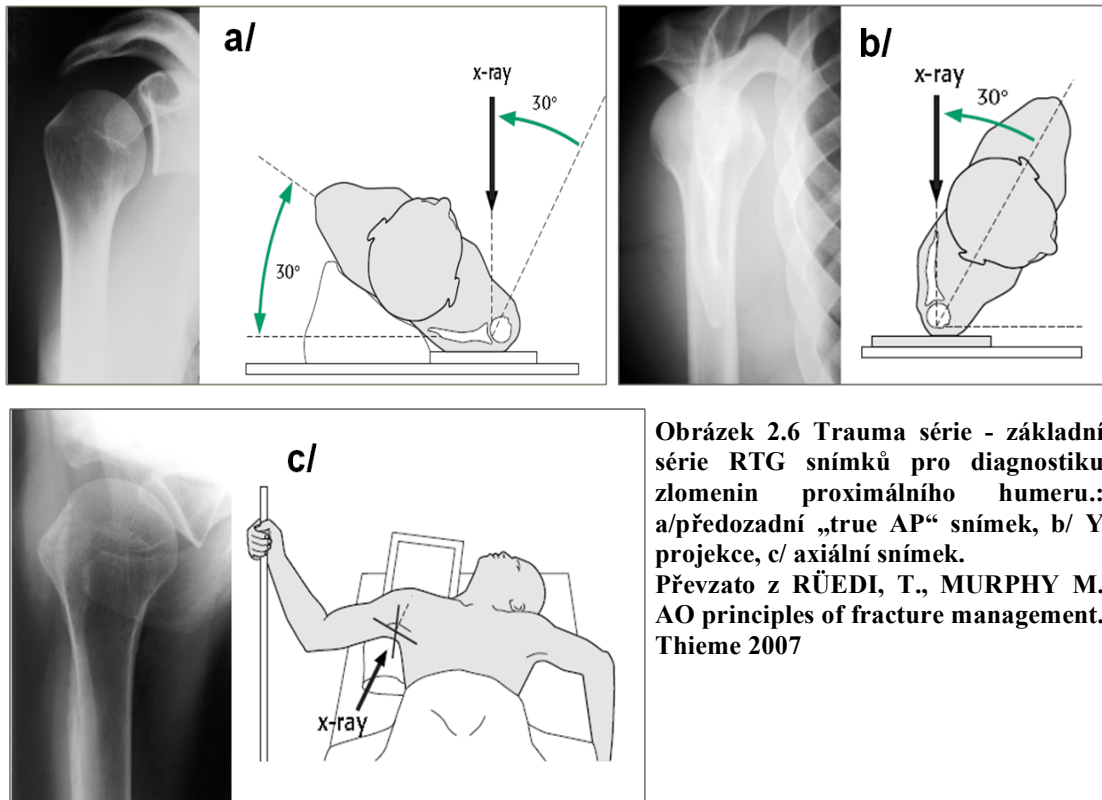
2.4 Diagnostika

Ve většině případů zlomenin proximálního humeru přichází pacienti s typickou anamnézou pádu na extendovanou horní končetinu nebo přímo na ramenní kloub. Téměř ve všech případech je vyjádřena nějaká míra bolesti, kterou pacienti obvykle lokalizují do oblasti ramene případně do oblasti horní třetiny paže. Vzhledem k výraznému krytí ramenního kloubu svaly většinou není patrna výrazná deformita, pokud není zlomenina spojena s luxací hlavice pažní kosti. Otok a hematomy se objevují podle tíže poranění, u vysokoenergetických velmi brzy, již po několika hodinách, u nízkoenergetických po delší době, zpravidla až druhý nebo třetí den. Typické jsou hematomy v oblasti horní třetiny paže, které mají tendenci se šířit vlivem

gravitace distálním směrem. V případě vysokoenergetických úrazů a sružených poranění mohou být příznaky překryty dominantním typem úrazu. Zvláštní pozornost je třeba věnovat pacientům po úrazech elektrickým proudem a epileptických záchvatech, kde je často přítomna zlomenina proximálního humeru spojená se zadní luxací hlavice a to často oboustranně (20). Během klinického vyšetření se zaměřujeme zejména na vyšetření hybnosti a citlivosti periferie končetiny s cílem odhalit případné poranění některé z částí brachiálního plexu nebo vzácné cévní poranění.

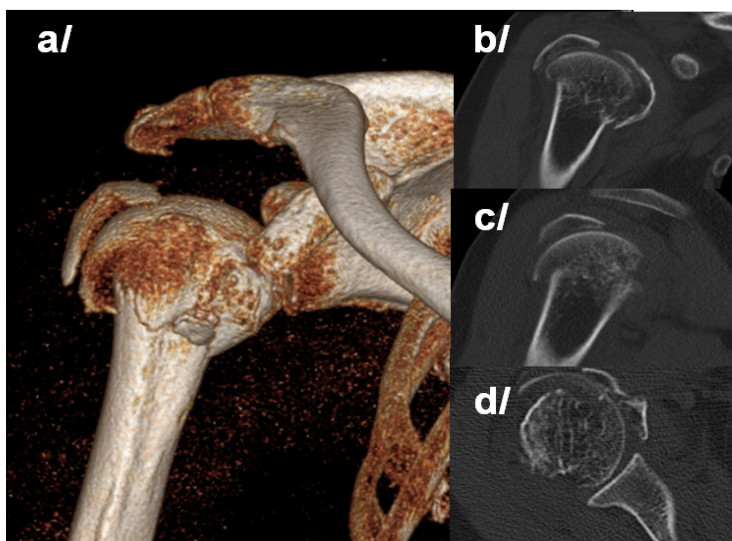
Základním vyšetřením pro stanovení správné diagnózy je rentgenové vyšetření. Pro hodnocení, klasifikaci a indikaci k další léčbě je doporučováno provést sérii tří na sebe kolmých snímků - tzv. trauma série, (21, 22). Jedná se o předozadní snímek ramene (true AP snímek), laterální transskapulární snímek (Y projekce) a axiální snímek ramene. Vzhledem k anteverzi lopatky a kloubní plochy glenoidu je během snímkování nutné natočit pacienta neporaněným ramenem přibližně 30 ° od polohy, tak aby byla dobře zobrazena kloubní štěrbina mezi hlavicí humeru a glenoidem. Stejně tak vyžaduje natočení o 30 ° i Y projekce.

Zobrazení axilární projekce vyžaduje provedení abdukce, která může být zejména v případech akutních úrazů velmi bolestivá a vlastní vyšetření je potom obtížně proveditelné. V těchto případech může být nahrazena některou z alternativních axilárních projekcí. Nejčastěji je používána modifikace Cleavesova, kdy je axiální snímek zhotoven RTG paprskem probíhajícím shora s lehce abdukovanou paží. Kazeta je položena pod axilou.



Často používanou projekcí, která nám umožní zobrazení horního konce pažní kosti v případech akutních úrazů je tzv. transtorakální projekce – snímek je zhotoven paprskem probíhajícím příčně přes hrudník s elevací neporaněné končetiny.

Jako velmi vhodné vyšetření, zejména v případech dislokovaných tříštivých zlomenin se



Obrázek 2.7 CT vyšetření čtyřúhelníkové valgus impakční zlomeniny proximálního humeru.: a/ objemová 3D rekonstrukce, b/ 2D rekonstrukce v rovině frontální, c/ 2D rekonstrukce v rovině sagitální, d/ 2D rekonstrukce v rovině transverzální.

ukazuje použití CT vyšetření (obr. 2.7). To nám pomůže zobrazit jednotlivé lomné linie a stanovit stupeň dislokace a predikovat vitalitu hlavičky pažní kosti. Zejména 2D a 3D rekonstrukce jsou velmi nápomocné v případech, kdy se rozhodujeme pro operační léčbu.

MRI a ultrazvukové vyšetření nepatří mezi

základní techniky užívané k diagnostice akutních zlomenin proximálního humeru, stejně tak angiografické vyšetření, které je prováděno pouze v případech podezření na cévní lézi. V současných podmínkách široké dostupnosti CT může být angiografické vyšetření nahrazeno CT AG vyšetřením s podáním kontrastní látky(8). Toto vyšetření je možné již v rámci celotělového spirálního CT nebo jako součást specializovaného CT se zaměřením na oblast zlomeniny

2.5 Léčba zlomenin proximálního humeru

Léčba zlomenin proximálního humeru je přes velký vývoj v této oblasti stále poměrně kontroverzní. Asi nejlepším dokladem této situace je metaanalýza publikovaná v roce 2012(23). Podle této studie monitorující randomizované studie není jasné, zda je lepší chirurgická léčba nebo konzervativní, který typ chirurgické léčby je lepší, ani jaká má být délka rehabilitace. Přesto jsou v této oblasti přijímána obecná pravidla, která shrnuje tato kapitola.

2.5.1 Konzervativní léčba

Přes postupný rozvoj operačních technik v minulém století, léčba zlomenin proximálního humeru byla, je a nejspíše i nadále bude, vzhledem k převážně dobrým výsledkům, doménou konzervativní chirurgie. Postup konzervativního léčení se výrazněji nezměnil od postupů publikovaných starověkými lékaři. Všechny významné učebnice chirurgie uplynulého století uvádí převážně konzervativní léčebné postupy, neboť rozmach operativní léčby je otázkou posledních 30-40 let (24, 25). Podle různých autorů je ke konzervativní léčbě indikováno 65-85 % všech zlomenin proximálního humeru (16, 26). Léčíme tak zlomeniny nedislokované nebo minimálně dislokované. Hranice stanovené Neerem v jeho práci z roku 1970 platí dodnes: ke konzervativní léčbě indikuje stabilní zlomeniny s posunem hlavních fragmentů méně jak 1 cm, úhlovou dislokací menší než 45° a posunem velkého hrbolku méně než 5 mm (27). Téměř totožná kritéria uvádí také AO Manuál (28). Léčba spočívá v imobilizaci na závěsu či Gilchristově ortéze na 3-4 týdny a následuje časná rehabilitace. Fragменты nedislokovaných zlomenin jsou fixovány ve vyhovujícím postavení periostem,

kloubním pouzdem a rotátorovou manžetou. Přesto je vhodná opakovaná RTG kontrola, zejména u zlomenin chirurgického krčku nebo velkého hrbolu, kde i u primárně nedislokovaných zlomenin může dojít v průběhu hojení k dislokaci způsobené tahem svalů. U dislokovaných zlomenin proximálního humeru je konzervativní léčba indikovaná pouze tehdy, pokud repozicí dosáhneme přijatelného anatomického postavení nebo pokud je operační léčba kontraindikovaná. V poslední době bylo publikováno několik prací týkajících se úspěšných výsledků konzervativní léčby u dislokovaných zlomenin (29-31). Tyto práce ale buď kombinují výsledky léčby pro všechny zlomeniny, jak dislokované, tak nedislokované, navíc s minimálním zastoupením těžkých typů zlomenin nebo jsou uváděné výsledky operační léčby výrazně horší, než u většiny doposud publikovaných studií operační léčby (30). Práce Krettka a spol. navíc nevychází z vlastního souboru.

2.5.2 Miniinvazivní osteosyntéza

Důsledné šetření měkkých tkání a snaha o co nejmenší chirurgické trauma se nevyhýbá ani proximálního humeru, zejména z důvodu zachování co nejlepšího cévního zásobení hlavice humeru. Přes své stáří je proto metoda perkutánní fixace Kirschnerovými dráty stále v zorném poli chirurgů zabývajících se touto problematikou (32). Léčbu touto technikou však zásadně komplikuje kvalita skeletu v oblasti hlavice humeru. Stabilita osteosyntézy je v osteoporotickém terénu poměrně nízká. I když se zlomeninu podaří adekvátně zreponovat a primárně dráty stabilizovat, dochází velmi často buď k migraci drátů periferně nebo jejich perforaci hlavicí (33). Určité zlepšení poskytují dráty se závitěm (34, 35) nebo fixace pomocí tzv. Humerusblocku (36, 37). Další možností je kombinace drátů a jednotlivých spongiosních šroubů zaváděných perkutánně nebo miniinvazivně (37-39). Stabilita osteosyntézy se tak zvyšuje, vynikající výsledky skupiny Roberta Resche ze Salzburgu se však většině autorů touto technikou nepodařilo zopakovat.

2.5.3 Dlahy

Cílem vnitřní osteosyntézy je repozice zlomeniny s následnou stabilní fixací, která dovolí co nejčasnější rehabilitaci. Osteosyntéza konvenčními dlahami fixuje zlomeninu

pomocí komprese dlahy ke skeletu a takto vytvořených třecích sil. Kvalita skeletu v oblasti proximálního humeru je i při této technice hlavní překážkou její spolehlivosti. Během rehabilitace dochází k postupnému uvolnění šroubů, ztrátě komprese dlahy ke skeletu a následně k sekundární ztrátě repozice. Tlak dlahy navíc již primárně zhoršuje periostální prokrvení kosti, což komplikuje již tak poškozené cévní zásobení hlavice a vytváří horší podmínky pro hojení zlomeniny. Přelomem nejen v této oblasti tak bylo vyvinutí úhlově stabilních dlah na principu vnitřního fixátoru koncem 90. let 20. století (40). Závit na hlavici šroubu i v otvoru v dlaze umožňuje pevné, úhlově stabilní propojení celého implantátu. Tyto dlahy jsou nízkoprofilové a anatomicky tvarované pro jednotlivé části skeletu. Multidirekcionální zavedení šroubů do hlavice a jejich pevné „zamknutí“ do dlahy dále zlepšuje retenci v hlavici humeru (41). V současné době existuje velké množství úhlově stabilních dlah pro léčbu zlomenin proximálního humeru. V České republice je nejčastěji používaným implantátem dlaha PHILOS (Proximal Humerus Internal Locking System) firmy Synthes, uvedená na trh koncem roku 2001. Pro osteosyntézu úhlově stabilními dlahami jsou indikovány všechny dislokované zlomeniny proximálního humeru včetně zlomenin luxačních a tzv. head-split, tedy zlomenin, kde dojde k rozlomení hlavice (42). Dlahy jsou většinou implantovány z deltoideopektorálního přístupu, v posledních letech několik autorů referuje o dobrých výsledcích při osteosyntéze z transdeltoideálního přístupu (43, 44). Hranicí tohoto přístupu je průběh *n.axillaris*, distální šrouby je nutné zavádět z miniincizí nebo *n.axillaris* vypreparovat (45). Přes výrazné zlepšení stability osteosyntézy dochází i při použití úhlově stabilních dlah ke komplikacím, vyplývajícím z konfigurace implantátu. V případě víceúlomkových, zejména čtyřfragmentových zlomenin, není možno fixovat pouze implantátem všechny fragmenty zlomeniny, zejména malý hrbol. U těchto zlomenin je tak nutné fixovat hrbol suturou přímo k dlaze. Další nevýhodou LCP dlah je menší odolnost proti sekundární ztrátě repozice u tříštvých zlomenin chirurgického krčku, kdy během rehabilitace může dojít k vytržení implantátu z diafýzy nebo prasknutí dlahy. Popsány byly rovněž sekundární ztráty repozice ve smyslu varizace hlavice, zejména u osteoporotického skeletu, kdy hlavice migruje kaudálně a následně může dojít až k uvolnění proximální části implantátu (46-49).

2.5.4 Hřebíky

Zatímco hřebování zlomenin femuru či tibie je již po desetiletí standardní technikou, hřebování zlomenin proximálního humeru se objevilo až v polovině 80. let v podobě tzv. Seidlova hřebu (8). Studie srovnávající biomechanické vlastnosti ukazují větší rigiditu nitrodřeňových implantátů, tedy hřebů, než dlah a platí to i pro nové, úhlově stabilní dlahy (50). Důvodem je zejména menší pracovní délka mezi implantátem a mediální kortikou humeru. Multiplanární jištění v hlavici přináší další zvýšení stability oproti první generaci hřebů, kde bylo jištění pouze monoplanární (51-53). Zpočátku byly hřebíky používány k ošetření zlomenin chirurgického krčku, s narůstajícími zkušenostmi začaly být používány i pro víceúlomkové zlomeniny a studie ukazují srovnatelné výsledky léčby s LCP dlahami (54-56). Nejpoužívanějším hřebem pro osteosyntézu zlomenin proximálního humeru je v České republice hřeb Targon PH firmy Aesculap, uvedený na trh v roce 2000. Tento hřeb přímého designu je zaváděn ortográdně nitrokloubně ze středu hlavice v ose kosti a jeho jištění proximálně ve třech rovinách vychází z anatomických poměrů hlavice humeru. Přesným zavedením jisticích šroubů za pomoci cílicího zařízení do velmi těsných otvorů v hřebu je možno dosáhnout stabilizace všech hlavních fragmentů zlomeniny. Hřebíky se zavádí z transdeltoideálního přístupu, jeho rozsah je dán typem zlomeniny. Po repozici hlavice je provedena incize rotátorové manžety v podélném směru vláken. Právě přístup přes rotátorovou manžetu a vstup hřebu do hlavice v místě kloubní chrupavky je stále předmětem odborných diskuzí, nicméně jak klinické práce, tak následné artroskopické nálezy nepotvrzují větší defekty nebo výraznější omezení klinické funkce. Předpokladem minimalizace potíží je ale spolehlivá sutura manžety po dokončení osteosyntézy.

2.5.5 Kloubní náhrady

Kloubní náhrady u víceúlomkových zlomenin proximálního humeru jsou od 70. let obvykle rezervovány pro velmi dislokované zlomeniny s přerušením krevního zásobení hlavice (27). Studie ukazují, že úspěšná osteosyntéza má lepší klinické a funkční výsledky léčby než hemiartroplastika (57, 58). Ta je proto v současnosti indikovaná pro nerekonstruovatelné zlomeniny. Otázkou zůstává indikace endoprotézy pro zlomeniny, u kterých je kompletně přerušeno cévní zásobení hlavice. Někteří autoři doporučují u

těchto poranění endoprotézu primárně, jiní doporučují sledování vitality hlavice a implantaci protézy až sekundárně u rozvíjející se avaskulární nekrózy.

2.6 Komplikace zlomenin proximálního humeru

Avaskulární nekróza hlavice humeru

Avaskulární nekróza hlavice humeru je nejčastější závažnou komplikací léčby těchto zlomenin, zejména v případě čtyřúlomkových. V důsledku poranění cév vyživujících hlavici humeru může docházet k poruchám výživy hlavice obdobně jako u zlomenin horního konce stehenní kosti. Postupně dochází k nekrobiotické přestavbě hlavice, dále k jejímu kolapsu s těžkými regresivními změnami nejen hlavice ale i kolemkloubních struktur. V tomto případě již další reparaci nelze očekávat. Kromě úrazu se na avaskulární nekróze mohou podílet i další příčiny jako je abusus alkoholu, dlouhodobé užívání kortikosteroidů ale i některá systémová onemocnění. V závislosti na rozsahu poškození se klinické nálezy obvykle rozdělují na parciální nebo kompletní AVN. Podrobnější klasifikace nekróz vycházející z RTG nálezů a byly prezentovány Cruessem jako modifikace původní klasifikace Arleta a Ficata. Jde o pětistupňovou klasifikaci, kdy I. Stupeň nemá zámky na RTG a vykazuje pouze změny na MRI, druhý stupeň je charakterizován subchondrální sklerózou a osteolýzou. U třetího stupně jsou již patrné změny kontury hlavice a částečnou depresí kloubních ploch a přítomností nekrotických částí. U IV. Stupně je charakterizována již kolapsem hlavice s její excesivní destrukcí a u V. stupně jsou již změny vyjádřeny i na glenoidu.

Hlavním klinickým projevem AVN je bolestivost dříve nebolestivého ramenního kloubu a s tím i zhoršením rozsahu pohybů. Právě latentní interval je pro AVN zcela typický. Některé, zejména časné RTG nálezy mohou být asymptomatické. Zejména v případech, kdy došlo ke zhojení hrbolků se svalovými úpony ve správném postavení, mohou být počáteční funkční výsledky překvapivě dobré.

V případě pouřazových stavu koreluje riziko vzniku AVN s typem poranění, mírou dislokace jednotlivých fragmentů a dále typem použité léčby (excesivní přístupy, rozsáhlejší direkce měkkých tkání, příliš masivní implantáty). V případě zavřené repoze dislokovaných tříúlomkových zlomenin je výskyt AVN udáván v rozsahu 3-14 % u čtyřúlomkových zlomenin 13–50 %. Vysoké počty AVN jsou udávány zejména v

případě otevřené repozice a dlahové osteosyntézy konvenční dlahovou technikou (T dlahy). V případě dlahové osteosyntézy úhlově stabilních dlahou je udávána AVN kolem 8 %. Četnost avaskulární nekrózy nicméně výrazně ovlivňuje indikační schéma, kdy při vyloučení těžkých zlomenin z pokusů o osteosyntézu lze frekvenci avaskulární nekrózy výrazně snížit.

U symptomatických pacientů je metodou volby v léčbě nekrotické hlavice provedení náhrady ramenního kloubu.

Důležitým momentem je dostatečně dlouhá doba sledování, protože k AVN nekróze může docházet i 3 roky po iniciálním traumatu ramenního kloubu.

2.7 Hodnocení výsledků léčby

Výsledky léčby je nutné zhodnotit co nejpřesněji. Nástroje na měření klinického výsledku musí mít vysokou validitu, tedy měřit to, co se předpokládá, musí mít vysokou hodnověrnost, tedy minimální chybu u jednotlivých pozorovatelů nebo mezi pozorovateli navzájem a musí být citlivé na změny. Zároveň musí být snad realizovatelné a snadno přijatelné jak pro pacienty, tak pro personál. Z tohoto důvodu byly vyvinuty nejrůznější skórovací systémy pro hodnocení funkce ramenního kloubu, kterých lze nalézt několik desítek.

Nejpoužívanějším skórovacím systémem pro vyhodnocení výsledků léčby v oblasti ramenního kloubu je tzv. Constantovo skóre. Toto skóre v roce 1992 Evropská asociace pro rameno a loket (SECEC-ESSSE) doporučila k použití pro srovnávání všech prací, díky čemuž se z této metody stal nejpoužívanější nástroj pro hodnocení funkce ramene v Evropě (59). Skórovací systém vytvořil v letech 1981-1986 Constant za asistence Murleye a publikován byl v roce 1987 (60) (60). Constant skóre je 100 bodový systém vyšetření ramenního kloubu, kdy vyšší hodnota znamená lepší funkční výsledek. Jsou hodnoceny z 35 % subjektivní a z 65 % objektivní parametry. V první části je vyhrazeno 15 bodů pro subjektivní hodnocení bolesti, kdy bezbolestný výsledek je ohodnocen 15 body. Další oddíl, opět dotazem na pacienta, hodnotí jeho každodenní aktivity či spánek a maximum, 20 bodů je nejlepší výsledek. V třetí části vyšetřující objektivně zhodnotí hybnost v rameni a plný rozsah je ohodnocen 40 body. Konečně v poslední části je hodnocena síla končetiny pomocí zátěže v předpažení ve 30 ° úhlu od sagitální roviny s maximem 25 bodů. Systém byl postupně metodologicky upřesňován

a relativizován pro odlišná pohlaví nebo s přihlédnutím k věku. Takto upravené hodnoty se označují jako věkově nebo pohlavně adaptované Constant skóre. Vzhledem k věkovému spektru pacientů, kdy převažují starší ženy, je nejvíce vypovídajícím individuální relativní Constantovo skóre, kdy je provedeno porovnání s neporaněnou končetinou (61). Nejdiskutabilnější částí systému je měření síly v končetině, pro které v původní práci navrhl autor použití dynamometru nebo zjednodušeně rybářské pružinové váhy. Obě metody přinášejí srovnatelné výsledky při nepoměrně levnějších pořizovacích nákladech u pružinové váhy (62). Podstatné je, aby měření proběhlo za stejných podmínek, tedy s paží ve flexi 90 ° ve skapulární rovině. Největší rozdíly mezi mladšími a staršími pacienty jsou právě v této části, kdy pro dosažení plného počtu 25 bodů je nutno udržet po dobu 5 vteřin v předpažení závaží o hmotnosti 12 kg. Tohoto výsledku často nedosáhnou ani zdraví mladí muži.

3 Vlastní práce

Cíl práce

Cílem mé dizertační práce bylo zhodnocení přínosu úhlově stabilního proximálního hřebíku Targon PH pro léčbu zlomenin horního konce pažní kosti. Byly stanoveny následující hypotézy:

1. Úhlově stabilní hřeb Targon PH lze úspěšně využít pro léčbu všech typů zlomenin horního konce pažní kosti.
2. Stabilita vytvořené osteosyntézy je dostatečná pro zhojení zlomeniny.
3. Kvalita repozice ovlivňuje funkční výsledek.

Metoda

Práce má dvě části – experimentální a klinickou. V experimentální části byly zkoumány biomechanické vlastnosti osteosyntézy hřebem Targon PH na tříúhlové zlomenině proximálního humeru standardně vytvořené z kadaverózního preparátu, v klinické části byly metodou retrospektivní studie s prospektivní částí zhodnoceny dlouhodobé výsledky léčby zlomenin proximálního humeru pomocí výše uvedeného nitrodřeňového hřebíku na vlastním pracovišti.

3.1 Experimentální část práce

3.1.1 Cíl a hypotéza experimentální části práce

Cílem experimentální části práce bylo zhodnocení stability nitrodřeňové osteosyntézy hřebem Targon PH u experimentálně vytvořené tříúlomkové zlomeniny kadaverózního proximálního humeru během postupně se zvyšující zátěže. Hypotéza experimentální části práce byla formulována takto – hřeb Targon PH poskytuje dostatečnou stabilitu pro zhojení tříúlomkových zlomenin proximálního humeru. Zlomeniny proximálního humeru se hojí standardně 6-8 týdnů. Během této doby vykoná ramenní kloub různé množství pohybových cyklů, odlišně dle pooperačního režimu a taktiky rehabilitace.

3.1.2 Metoda experimentální části práce

3.1.2.1 Studijní skupiny

Do experimentální části práce bylo zahrnuto šest čerstvě zmražených (-20 ° C) lidských kadaverózních humerů (tři mužské a tři ženské, průměrný věk 74,8 let, rozsah 50-96 let). Bylo provedeno odstranění všech měkkých tkání kromě šlach svalů rotátorové manžety – šlach *musculus supraspinatus*, *m.infraspinatus* a *m.teres minor*, které byly ponechány na svém úponu na velkém hrbolu.

Všechny preparáty podstoupily periferní kvantitativní CT vyšetření s vysokým rozlišením (HR-pQCT, XtremeCT, Scanco Medical, Brüttisellen, Švýcarsko). Skeny byly provedeny s rozlišením 82um transverzálně od horního okraje hlavice do vzdálenosti 10 mm od spodního okraje chirurgického krčku humeru.

Cílová oblast v hlavici humeru byla definována od spodního okraje anatomického krčku humeru 25 mm proximálně. Kostní tkáň byla rozdělena do různých skupin dle své denzity po 122 mgHA/cm³, což odpovídalo 9 % maximální hodnoty šedi. Parametry zájmu byly frakce kosti v preparátu (BV/TV, v %) a minerální denzita kostní tkáně (BMD, v mg HA/cm³).



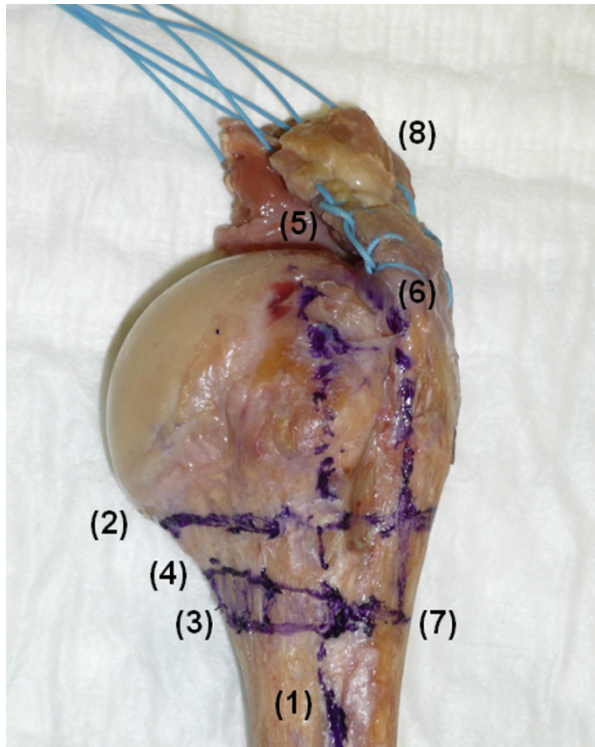
Obrázek 3.1 Hřeb Targon PH, Aesculap Orthopaedics

Všechny preparáty byly po přípravě instrumentovány hřebem Targon PH, (Aesculap, Tuttlingen, Německo). Tento hřeb je nejpoužívanějším hřebem používaným pro osteosyntézu zlomenin proximálního humeru v České republice (obr. 3.1)

3.1.2.2 Příprava preparátů

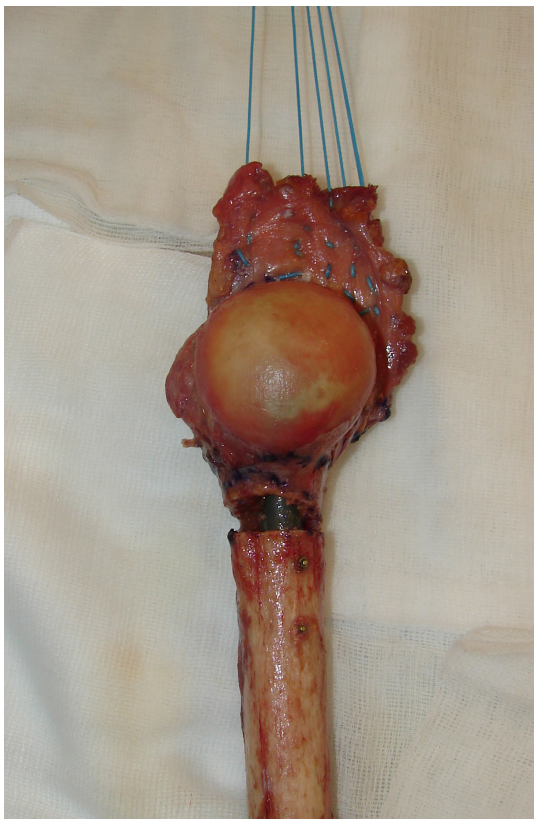
Všechny preparáty byly uchovány přes noc v lednici při teplotě 4 ° C, obalené ručníkem navlhčeným solným roztokem tak, aby byly ochráněné před dehydratací. Poté byly postupně instrumentovány pod skiaskopickou kontrolou (43kV, 10mAs, Siemens, ARCO SI 100) autorem práce. Preparáty byly připraveny standardně způsobem,

publikovaným dříve (63): 1. náčrtes referenčních bodů a čar na povrchu kosti (obr.3.2), 2. provedení osteotomie krčku humeru, velkého hrbolu a klínovitého fragmentu vytnutého z krčku tak, aby došlo k defektu mediální kortiky, 3. fixace šlach svalů rotátorové manžety nezávisle třemi chirurgickými vlákny (TI CRON 5, Syneture, Covidien Norwalk, CT 06856, USA), 4. anatomická repozice všech fragmentů a osteosyntéza hřebem Targon PH v konfiguraci 4 čepy proximálně a 2 čepy distálně (obr.3.3), 5. standardizace délky diafýzy provedením příčné osteotomie 175 mm distálně od nejkranialnějšího bodu hlavičky humeru, 6. zalití konce diafýzy do PMMA (polymethylmethacrylate, Beracryl, W.Troller AG, Švýcarsko) kolmo k rovině do kruhové formy z nerezové oceli, hloubka zalití 30 mm, 7. upevnění tří setů reflexních označovacích značek pro monitoraci 3-D pohybu, v každém setu 4 označovací značky, k diafýze humeru, k velkému hrbolu a hlavičce humeru. Diafyzární set byl umístěn



paralelně s dlouhou osou kosti v sagitální rovině. Pro kontrolu správného umístění implantátu byla použita skiaskopie.

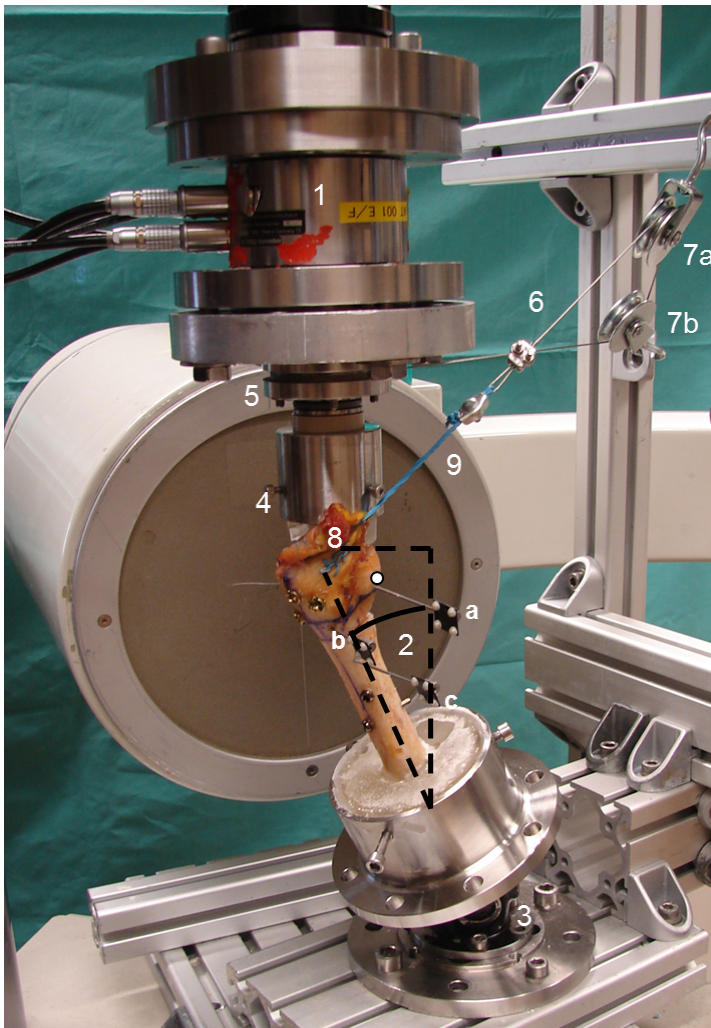
Obrázek 3.2 Chirurgické referenční čáry v oblasti levého proximálního humeru: (1) osa diafýzy, (2) cirkulární linie tangenciálně v nejnižším bodě chrupavky hlavice, kolmá na osu diafýzy, (3) linie 15mm distálně od předchozí linie, kolmá na osu diafýzy, (4) linie začínající na laterální kortice z linie 3, jdoucí pod úhlem 15° mediokraniálně. (5) vstupní bod hřebu, (6) svislá linie vycházející z chirurgického krčku kranálně paralelně s osou diafýzy humeru k tubero-kapitální junkci, (7) laterální bod lomné linie krčku (8) šlachy m.supraspinatus a infraspinatus s aplikovanými suturami.



Obrázek 3.3 preparáty s provedenou osteosyntézou a suturami v rotátorové manžetě

3.1.2.3 Testovací setup

Testovací setup a zatěžovací režim byl velmi blízký práci publikované Brianzou a spol., 2010 (63), kde byla popsána nová testovací metoda kadaverozního proximálního humeru. Biomechanické testování bylo prováděno pomocí biaxiálního servo-hydraulického stroje, MTS Mini Bionix II 858 (MTS System Corp., Eden Prairie, MN,



Obrázek 3.4 Testovací setup: (1) siloměr; (2) 25° laterální angulace osy diafýzy humeru; (3) kardanový kloub zabraňující posunu a axiální rotaci vzorku; (4) na míru zhotovená miska z PMMA simulující glenoidální jamku, fixovaná v kovové objímce; (5) na míru zhotovená příruba se zářezy, umožňující eliminaci osových a torzních momentových sil působících z akčního ramena; (6) lanko přenášející rotační síly ze stroje na sutury; (7a a 7b) dvě kladky; (8) připojení sutur ke šlachám svalů; (9) směr síly působící na velký hrbol v úhlu 110° k ose diafýzy v mediolaterální rovině; (a, b, c) tři sety markerů upevněné k hlavici, velkému hrbolu a diafýze; bílý kroužek reprezentuje nejvíce mediální bod hlavice humeru v místě osteotomie, tento byl brán v úvahu pro monitoraci migrace hlavice humeru

USA) používajícího 4kN/20Nm zátěžové buňky (HUPPERT 6, HUPPERT GmbH, Herrenberg, Germany). Každý vzorek byl upevněn v pozici 25° úhlu v rovině měření dle Bergmanna a spol. 2007 (64). Distální část humeru byla spojena s kardanovým kloubem, který zabraňoval pohybům vzorku během měření a rotaci kolem své osy (obr.3.4). Osová zátěž byla aplikována pomocí pohárku zhotoveného na míru z polymethylmetakrylátu (Polymethylmethacrylate,

Beracryl, W.Troller AG, Švýcarsko), který byl zhotoven individuálně pro každý připravený preparát. Přenos zátěže na hlavici humeru byl zprostředkován jamkou vytlačenou každou hlavici individuálně v PMMA, byl tak simulován glenoid. Relativní rotaci mezi jamkou a hlavici bylo

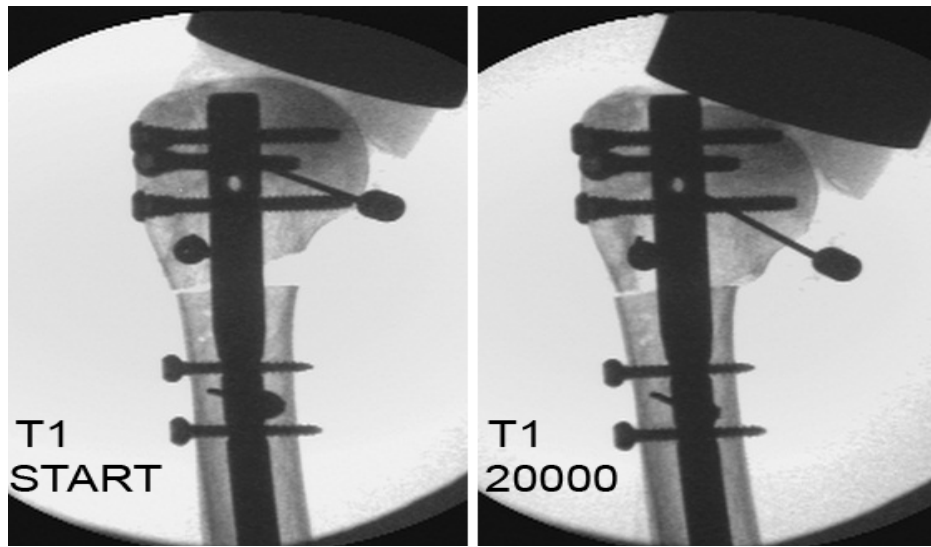
zabráněno proužky brusného papíru upevněnými v jamce v místech jejího kontaktu s hlavici. PMMA jamka byla spojena s testovacím strojem na míru zhotovenou přírubou přenášející pouze axiální síly a zabraňující přenosu jakýchkoliv longitudinálních sil pístem. Valivé ložisko spojené s přírubou umožňovalo odpojení od úhlových a torsních sil působících z činicího dílu. Rotační činitel byl použit k nezávislé generaci tahových sil působících na velký hrbol pomocí lanka. Lanko bylo na jedné straně upevněno k vláknům upevněným ve šlachách *m.supraspinatus* a *m.infraspinatus*, a přes dvě kladky pak šroubem k přírubě. První kladka byla upevněna tak, aby lanko svíralo s přírubou pravý úhel a bylo v horizontální rovinou s ním, druhá kladka pak umožňovala sklon lanka 110 ° v mediolaterální rovině k diafýze humeru (obr. 3.4).

3.1.2.4 Zátěžový protokol

Všechny preparáty byly testovány následně takto:

1. Byl proveden manuální test, před zátěží testovacím strojem, sloužící jako kontrola zbytkového volného pohybu hlavice po provedené osteosyntéze vzhledem k diafýze ve smyslu vnitřní-zevní rotace a medio-laterální translace. Pro tento účel byl preparát spojen se strojem pouze distálně pomocí kardanového kloubu a proximálně byl oddělen od stoje a rukou byl 5krát testován v každém směru.
2. Následoval kvazistatický mechanický test s axiální zátěží do 200 N s kontrolou narůstající dislokace frekvencí 0,02 mm/s. Složená cyklická zátěž byla aplikovaná s narůstající axiální kompresí frekvencí 2Hz, současně s tahem za šlachy *m.infraspinatus* a *m.supraspinatus*. Axiální komprese byla filtrovanou interpolací dat zjištěných Bergmanem během flekčního pohybu ramenní endoprotézy (64).
3. Zátěž byla postupně zvyšována cyklicky o 0.05N/cyklus z počátečních 200 N až do selhání se zachováním minimální zátěže 50 N během celého cyklu (65,66). Tahová síla působící na sutury byla zprostředkována cyklickou zátěží se sinusoidním charakterem pomocí rotačního pohybu s velikostí od 1 do 3 Nm, výsledný tah přenesený na šlachy byl mezi 40-100 N. Test byl automaticky ukončen po dosažení 15 mm axiální dislokace

působitele. V tuto chvíli byla již klínovitá osteotomie většinou kompletně uzavřena a každá fixace jednoznačně selhala.



Obrázek 3.5: RTG snímky vzorku ze studijní skupiny na začátku cyklického testování a po 20000 cyklech.

3.1.2.5 Shromážd'ování dat a jejich analýza

Osově zatížení, rotační, osová a úhlová dislokace byly zaznamenávány z MTS senzorů na 128 Hz. Na začátku testu a pak každých 500 cyklů až do selhání provedl stroj dvouvtěrinovou pauzu v úrovni zátěže 50 N osová zátěž, 1Nm rotační zátěž, a bylo provedena RTG kontrola pomocí C ramena (Siemens, ARCO SI 100). Cílem tohoto vyšetření byla analýza mechanismu vedoucího k selhání a závislosti mezi zátěží a ztrátou fixace fragmentů. Relativní pohyby fragmentů byly získány opticky v 6 rovinách volnosti užitím 3-D trackingu, monitorací označovacích setů upevněných na vzorcích pěti infračervenými kamerami (ProReflexMCU; Qualisys AB, Gothenburg, Švédsko) na frekvenci 100 Hz.

3.1.2.6 Oblasti zájmu

Počáteční rozsah pohybů (ROM) v rovině vnitřní-zevní rotace byl definován jako maximální pohyb hlavice během manuálního testování a vypočten z dat motion-trackingu. Podobně byl stanoven rozsah pohybů mediolaterální translace jako maximální pohyb nejlaterálnějšího bodu hlavice humeru během manuálního testu mediolaterální translace hlavice. Tuhost axiální konstrukce byla vypočítána z dat stroje,

nahraných během počáteční kvazi-statické axiální komprese rampy. Byly stanoveny následující parametry založené na datech získaných motion-trackingem při cyklickém testování v nezatěžové fázi (50N axiální zatížení, 40Nm minimální tahová síla): **varózní deformace**, definovaná jako rotace hlavice v sagitální rovině humeru vzhledem k diafýze, **migrace hlavice**, definovaná jako axiální translace nejvíce mediálního bodu hlavice humeru v úrovni osteotomie (obr. 3.5) vzhledem k diafýze humeru, **rotace fragmentu velkého hrbolu**, definovaná jako rotace fragmentu velkého hrbolu okolo mediolaterální osy vzhledem k fragmentu hlavice humeru. Kombinací RTG snímků prokazujících první známky selhání s daty z motion-trackingu, byla migrace hlavice větší než 3 mm definována jako kritérium selhání a počet cyklů do migrace 3 mm byl definován jako počet cyklů do selhání. Konečně, hodnoty varózní deformace, migrace hlavice a rotace velkého hrbolu po 5000, 10000 cyklech byly využity společně s hodnotami minerální denzity skeletu, osově tuhosti konstrukce, frakce objemu, rozsahu pohybu vnitřní-zevní rotace a mediolaterální translace a počtu cyklů do selhání ke statistické analýze, která byla provedena pomocí software SPSS (IBM SPSS Statistics 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL). Stupeň volnosti byl stanoven na 0,05. Po testování normální distribuce pomocí Shapiro-Wilk testem, byly počítány hodnoty průměru a standardní odchylky pro každý parametr.

3.1.3 Výsledky

Všechny parametry zájmu vybrané pro statistickou analýzu měly normální distribuci. Průměrná hodnota BMD 360.29 mg HA/cm³, SEM 10.37mg HA/ cm³;

Počet cyklů	Parametr
	Migrace hlavice (průměr± SEM, mm)
1000	0.11±0.05
5000	0.91±0.47
10000	2.29±0.92
	Varózní deformace (stupňů)
1000	0.67±0.24
5000	1.33±0.90
10000	3.56±1.68
	Rotace fragmentu velkého hrbolu (stupňů)
1000	0.48±0.24
5000	1.33±0.64
10000	2.96±2.13
	Průměrný počet cyklů do selhání
	10083 ± 3939

Tabulka 3.1 Hodnoty oblastí zájmu testování osteosyntézy hřebem Targon PH

neukázala signifikantní odchylku od publikovaných dat. Podobně i pro BV/TV , která dosáhla průměrné hodnoty 32 %, SEM 4%. Počáteční průměrná ROM vnitřní-zevní rotace byla 3,63 °, SEM 0,49 °, hodnota mediolaterální translace dosáhla průměrné hodnoty 0,51 mm, SEM 0,17 mm.

Průměrná hodnota počáteční osově tuhosti konstrukce byla 493,95 N/mm, SEM 61,21 N/mm. Hodnota migrace hlavice a varózní deformace během cyklického testu po 5000 a 10000 cyklech byla 0,91±0,47, resp. 2,29±0,92. Počet cyklů do selhání dosáhl průměrné hodnoty 10083 cyklů, SEM 3939. Nebyla nalezena signifikantní korelace

mezi kvalitou kosti (BMD a BV/TV) a mechanickými parametry vybranými pro statistickou analýzu.

3.1.4 Diskuze

Nitrodřeňové hřebování zvyšuje stabilitu odlišně oproti dlahové osteosyntéze pomocí úhlově stabilních dlah. Kraniální část hlavice je fixována hřebem v oblasti inserce a rameno páky úhlově stabilních čepů je výrazně kratší než při dlahovacích technikách. V experimentu byla zhodnocena stabilita osteosyntézy hřebem Targon PH modelově vytvořené tříúlomkové zlomeniny. Použití techniky úhlově stabilních šroubů do šroubu umožnilo fixaci implantátu v části hlavice humeru, kde lze očekávat nejlepší kvalitu kosti (67-69). Posteromediální část hlavice není možno obvykle dosáhnout pomocí šroubů, které prochází hřebem samotným, jelikož jejich laterální konec by byl umístěn v oblasti žlábků dlouhé šlachy *m.biceps brachii*. Během testování prokázala osteosyntéza hřebem Targon PH biomechanicky velmi dobré vlastnosti, v porovnání s dalšími existujícími implantáty pro stejnou indikaci, a může být dobrou volbou pro léčbu zlomenin proximálního humeru.

Úvodní rozsah pohybu ve smyslu vnitřní-zevní rotace jakož i mediolaterální translace ukázal poměrně značný rozsah pohybů pro mediolaterální translaci, více než 150 um, což může být důsledkem zajištěním dvěma distálními čepů v jedné rovině. Tento výsledek se odráží v migraci hlavice okolo osy hřebu a varózní deformaci během cyklického zatěžování. Rotace fragmentu velkého hrbole vzhledem k hlavici humeru byla velmi nízká a je pravděpodobně způsobena biomechanicky výhodným designem s optimální konfigurací směru proximálních čepů.

Počet cyklů do selhání byl průměrně 10.083 cyklů s maximem až 18900 cyklů, což odpovídalo vrcholové zátěži 1100 N. Důležité je nicméně konstatovat, že již po 10.000 cyklech je vrcholový moment axiální zátěže větší než 700 N, což je nad hodnotami fyziologické zátěže humeru během denních aktivit zjištěných Bergmannem a spol. (64). Z těchto důvodů byl kladen důraz na hodnoty mezi počáteční zátěží do 10.000 cyklů, což reprezentuje realističtější zátěž bližší fyziologickým podmínkám.

Nejdůležitějším poznatkem experimentu je potvrzení vysoké odolnosti konstrukce osteosyntézy oproti zvyšující se mechanické zátěži, kdy maximální průměrná varózní dislokace hlavice humeru byla 3,56 °. Tato hodnota je stále značně vzdálena hodnotě

úhlové dislokace pro indikaci operační léčby, která je obecně přijímaná v úrovni kolem 40 stupňů.

3.1.5 Závěr experimentální části práce

Experimentální část dizertační práce prokázala vysokou stabilitu osteosyntézy uměle vytvořené zlomeniny kadaverózního proximálního humeru hřebem Targon PH. Počet cyklů, po které při zvyšující se zátěži osteosyntéza odolávala, zásadně převyšuje fyziologickou zátěž v oblasti ramenního pletence v období hojení zlomeniny. Při ošetření zlomenin touto technikou je tak vytvořen předpoklad pro optimální hojení zlomeniny v postavení dosaženém během operační léčby.

3.2 Klinická část práce

3.2.1 Cíl a hypotéza klinické části práce

Klinická část práce si dala za cíl zhodnotit dlouhodobé výsledky léčby zlomenin horního konce pažní kosti hřebem Targon PH na oddělení úrazové a plastické chirurgie nemocnice České Budějovice. Byly stanoveny následující hypotézy:

1. Operační léčba dislokovaných zlomenin proximálního humeru nitrodřeňovým hřebem Targon PH umožňuje adekvátní ošetření všech typů zlomenin proximálního humeru
2. Repozice ovlivňuje výsledek léčby

3.2.2 Metoda

3.2.2.1 Design studie

Bylo postupováno metodou retrospektivní monocentrické studie vlastního souboru sestávající z analýzy dokumentace a prospektivně plánovaného klinického vyšetření se strukturovaným interview. Pacienti operovaní v letech 2004-2009 na oddělení úrazové chirurgie byli pozváni dopisem ke kontrole. Získaný soubor pacientů byl rozdělen na dvě skupiny podle typu zlomeniny – skupinu dvouúlomkových extraartikulárních zlomenin, typ 11A dle AO klasifikace nebo Neer III a skupinu tří- a čtyřúlomkových zlomenin včetně luxačních, typy 11B,C dle AO klasifikace, Neer IV-VI. Tyto soubory pak byly odděleně statisticky vyhodnoceny a diskutovány. Důvodem rozdělení do těchto skupin je odlišnost těchto zlomenin jak z hlediska biomechanického, tak typu komplikací charakteru selhání osteosyntézy nebo osteonekrózy hlavičky pažní kosti.

3.2.2.2 Soubor pacientů

Do studie byli zahrnuti všichni pacienti s dislokovanou nepatologickou zlomeninou horního konce pažní kosti léčení proximálním humerálním hřebem (Targon PH, Aesculap, Německo) v období od 1. 1. 2004 do 31. 12. 2009 na Úrazovém oddělení Nemocnice České Budějovice a.s. Indikací k chirurgickému způsobu léčby byla:

- a) dislokace zlomeniny odpovídající kritériím dle Neera (27),

- b) možnost rekonstrukce daná charakterem zlomeniny a počtem úlomků,
- c) schopnost pacienta k pooperační fyzioterapii.

Všem pacientům vyhovujícím kritériím bylo v prosinci 2011 zasláno poštou pozvání ke kontrole. Klinické vyšetření pacientů proběhlo v období od 15. 1. 2012 do 30. 3. 2012. Do analýzy dat byli zahrnuti všichni pacienti s kompletním klinickým vyšetřením.

3.2.2.3 Sběr dat

Kritéria zahrnutí do studie splnilo 364 pacientů s 351 zlomeninami proximálního humeru. Sto sedmdesát osm pacientů se 182 zlomeninami přijalo pozvání a byli klinicky vyšetřeni. Třicet čtyři pacientů z pozvaných pacientů zemřelo, 28 nebylo zastiženo nebo se přestěhovali na jinou adresu, 23 se cítilo v pořádku a telefonicky nebo písemně odmítlo vyšetření, 18 pacientů nebylo schopno se k vyšetření dostavit – z důvodů imobility nebo psychických. Zbytek obdržel pozvání, ale nereagoval. Vzhledem k tomu, že pro analýzu klinických výsledků bylo použito relativní skóre dle Constanta, ze souboru byli vyřazeni čtyři pacienti s oboustrannou zlomeninou a eden pacient s kongenitálním defektem druhostranné horní končetiny. Definitivní soubor pacientů tak tvořilo 173 pacientů (134 žen a 39 mužů) a byli vyšetřeni v průměru po 58 (27-93) měsících od chirurgického výkonu.

Vlastní vyšetření pacientů, kteří se dostavili, sestávalo z retrospektivní analýzy dokumentace a prospektivně plánovaného klinického vyšetření s rozhovorem.

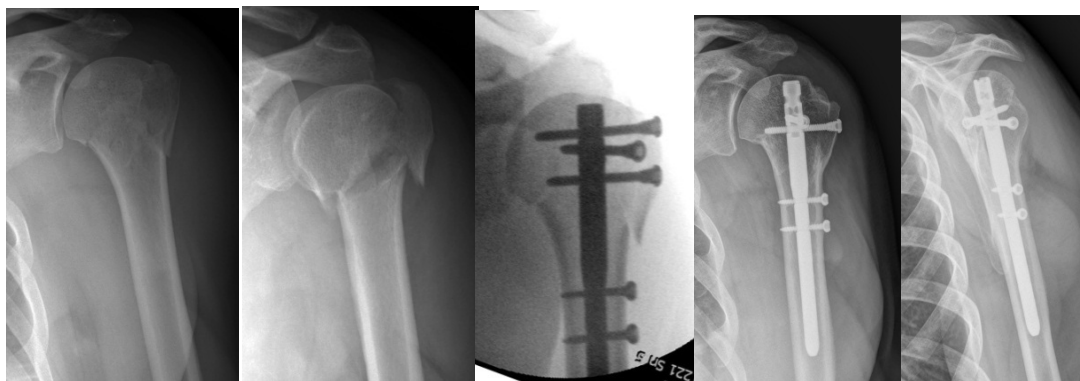
V retrospektivní části byly hodnoceny následující parametry – věk, mechanismus úrazu, čas úraz-operace, délka výkonu, kvalita dosažené repozice a čas do zhojení zlomeniny. Byla hodnocena RTG dokumentace, operační protokoly a pooperační průběh. Byly analyzovány komplikace.

3.2.2.4 Chirurgický postup léčby

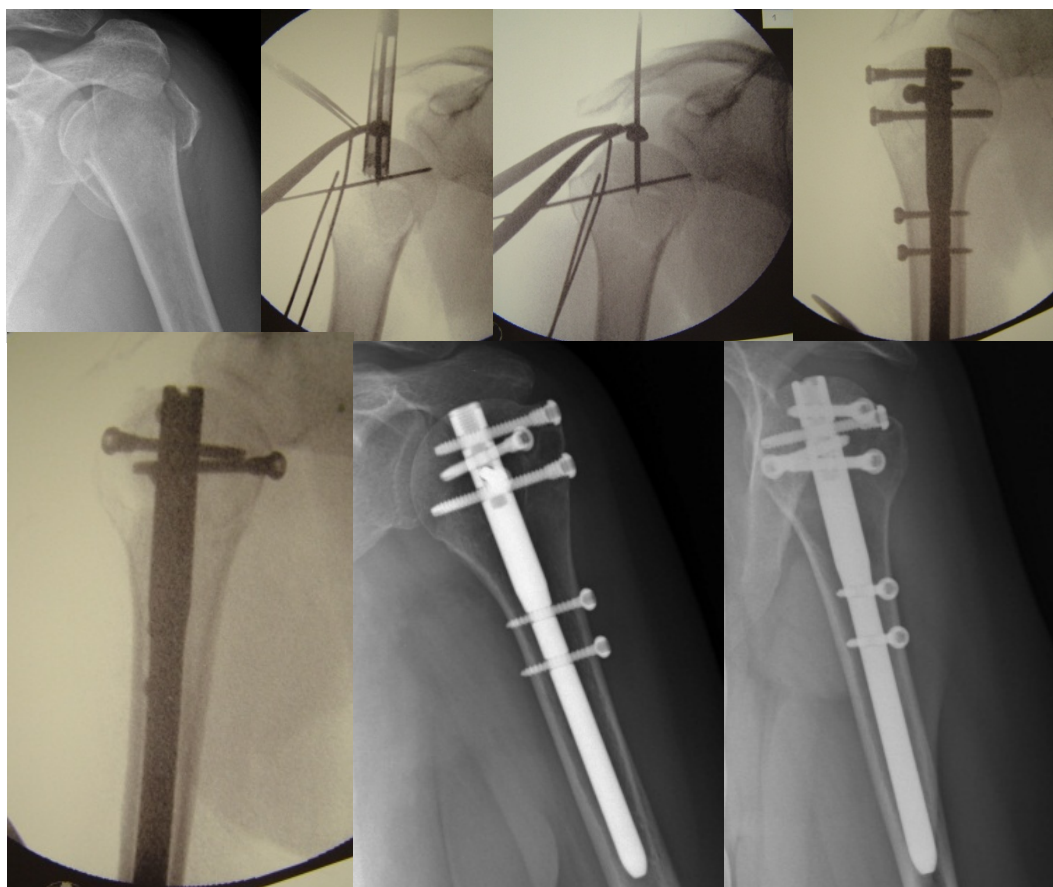
Pacienti byli operováni v tzv. poloze plážové židle. Sklon desky operačního stolu byl cca 45 °, tak aby bylo možno dosáhnout dostatečné retroverze hlavičky. Pro přístup k rotátorové manžetě byla použita modifikace transdeltoideálního přístupu, (70). Tento přístup je víceméně v koronární rovině a neumožňuje optimální přístup k bicipitálnímu sulku. Naše modifikace tohoto přístupu spočívá v umístění incize v úhlu přibližně 45 ° od koronární roviny. Velikost kožní incize byla v rozmezí 3-8 cm dle typu a charakteru

zlomeniny a množství měkkých tkání, začínala standardně proximálně od akromia 1,5-2 cm od jeho laterálního okraje, směřovala distálně-laterálně ve směru vláken *m.deltoideus*, kaudálně ohraničená předpokládanou výškou průběhu *n.axillaris*. Po protnutí podkoží byla tupě rozdělena vlákna *m.deltoideus*. Další průběh se odlišoval dle typu zlomeniny. U dvouúlomkových zlomenin byla provedena repozice hlavice do odpovídajícího postavení oproti glenoidální jamce, většinou pomocí 2-3 Kirschnerových drátů o průměru 2,0-2,2 mm, u tří- a čtyřúlomkových zlomenin byla nejprve provedena repozice fragmentů hlavice technikami většinou přímé repozice pomocí kostních háků nebo sutur a dočasná fixace reponovaných fragmentů zlomeniny hlavice několika Kirschnerovými dráty. Tento komplex byl pak následně reponován opět joystick-technikou do odpovídajícího postavení v glenohumerálním kloubu. U luxačních zlomenin byla vždy nejprve reponována luxovaná hlavice tahem za Kirschnerovy dráty zavedené multidirekcionálně do hlavice, v případě porotického skeletu pak za Schanzův šroub opět zavedený do hlavice. Poté byl postup stejný jako u ostatních zlomenin hlavice. Teprve po repozici hlavice do odpovídajícího postavení vzhledem ke glenoidu byla provedena incize v rotátorové manžetě ve směru vláken v optimálním místě nad vrcholem hlavice. Manžeta byla incidována v rozsahu potřebném pro kontrolu pozice dlouhé šlachy *m. biceps brachii* a mohla být provedena bezpečná sutura manžety po ukončení osteosyntézy. Následně byl zaveden vodící drát s olivkou a po skiagrafické kontrole jeho umístění na vrcholu hlavice byla provedena trepanace hlavice frézou. Za repozice hlavice humeru byl pod skiaskopickou kontrolou zaveden hřeb do hlavice a dřeňové dutiny distálního fragmentu zlomeniny. Hřeb byl zanořen dle dimenzí skeletu 2-5 mm pod úroveň chrupavky. Jištění bylo provedeno proximálně většinou všemi čtyřmi čepy, výjimečně v případě interference se žlábkem šlachy *m. biceps brachii* pouze čepy třemi. Distální jištění bylo provedeno vždy oběma čepy. Dle stavu skeletu v oblasti velkého a malého hrbolu a zhodnocení stability fixace hlavních fragmentů čepy byla v indikovaných případech (tříštivá zóna v oblasti hrbolu, přítomnost lomné linie v místě zavedení čepu) provedena odlehčovací sutura úponů svalů *m.subscapularis*, *m.teres minor* a *m. supra-* a *infraspinatus* buď technikou „rope over bit“ okolo hlavičky zajišťovacího čepu nebo do protilehlé šlachy. Před suturou rotátorové manžety jednotlivými nevstřebatelnými stehy byla provedena zkouška stability osteosyntézy při pohybech v glenohumerálním kloubu, mobilita šlachy *m.biceps brachii* a kontrola délky použitých čepů. Následovala sutura klavipektorální

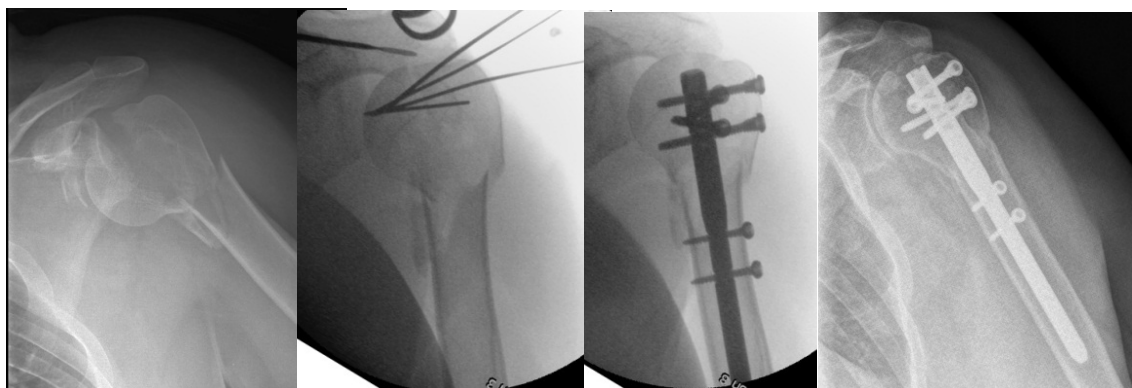
fascie, podkoží a kůže. Rehabilitace začínala po odeznění bolestí 2. až 3. pooperační den, a odlišovala se dle typu zlomeniny, u zlomenin chirurgického krčku bylo započato ihned s aktivní rehabilitací, u tří- a čtyřúlomkových zlomenin prvních 6 týdnů pasivní rehabilitace do maxima hybnosti v ramenním kloubu, od 7. týdne aktivní rehabilitace s posilováním svalstva ramenního pletence. Délka rehabilitace nebyla časově omezena, její ukončení bylo doporučeno po dosažení maxima aktivní hybnosti. Strategie ošetření jednotlivých typů zlomenin je znázorněna na obrázcích 3.6a-d.



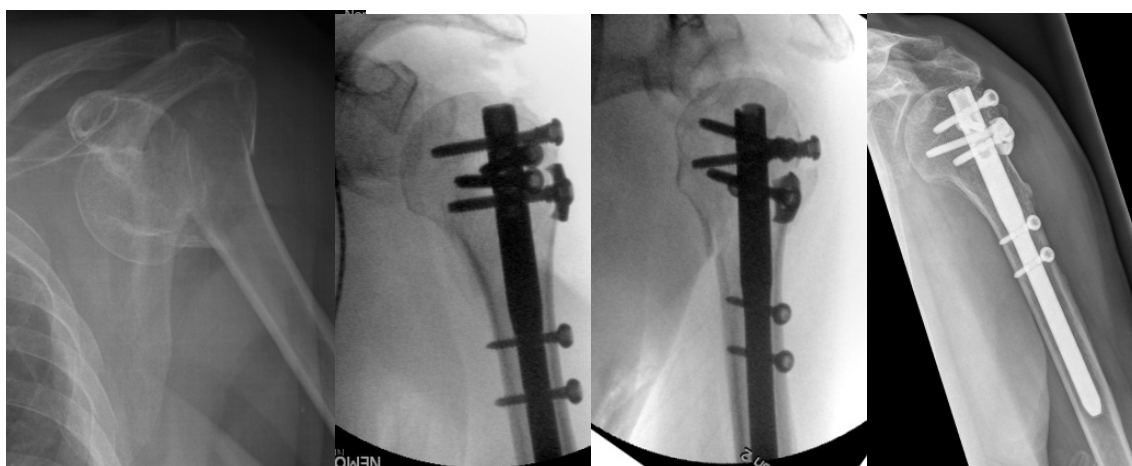
Obrázek 3.6a tříúlomková zlomenina, muž 62 let, pokus o konzervativní léčbu, vyšetření po 63 měsících, CS^{rel} 98%, CS^{abs} 98 bodů.



Obrázek 3.6b čtyřúlomková zlomenina, žena 60 let, vyšetření po 89 měsících, CS^{rel} 98%, CS^{abs} 88 bodů.



Obrázek 3.6c Luxační tříúlomková zlomenina, žena 55 let, vyšetření po 53 měsících, CS^{rel} 88%, CS^{abs} 79 bodů.

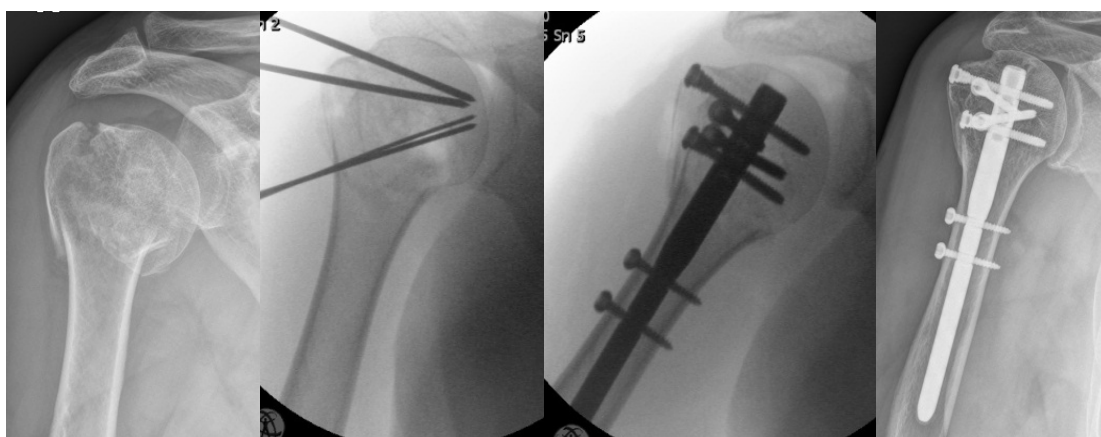


Obrázek 3.6d čtyřúlomková luxační zlomenina, muž 75 let, vyšetření po 77 měsících, CS^{rel} 89%, CS^{abs} 74 bodů.

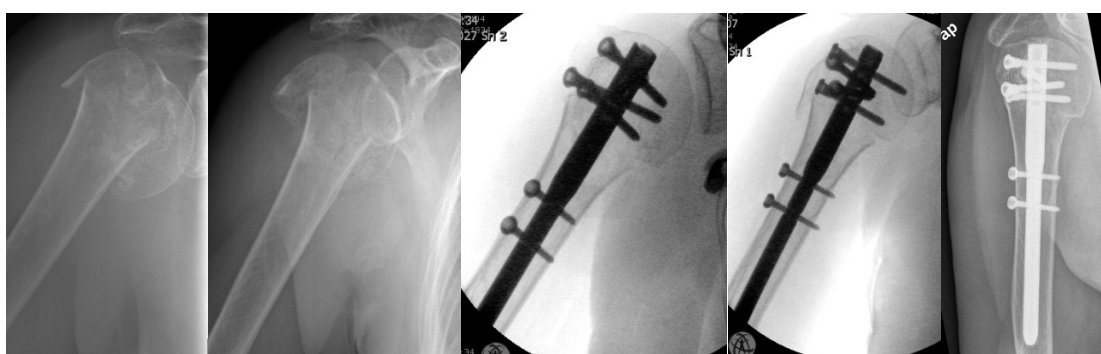
3.2.2.5 Vyšetření RTG dokumentace

RTG dokumentace byla vyhodnocena dle tohoto schématu – snímky úrazové, peroperační, pooperační a kontrolní v obdobích po 4, 8, 12, 16, 24 ev. 52 týdnech, v přesné AP projekci na glenoid a transskapulární projekci (Y). Pokud bylo nutné, byla analyzována dostupná CT dokumentace. Byly provedeny aktuální RTG snímky v den klinického vyšetření. Z dostupné dokumentace byla analyzována nebo dodatečně doplněna klasifikace zlomenin dle Neera, v nejasných případech byly analyzovány operační vložky. Zhojení zlomeniny bylo definováno jako přítomnost svalku, vymizení lomných linií a nepřítomnost známek selhávání osteosyntézy (přítomnost kondenzačních linií v okolí implantátu). Zlomeniny byly vyšetřovány standardně po

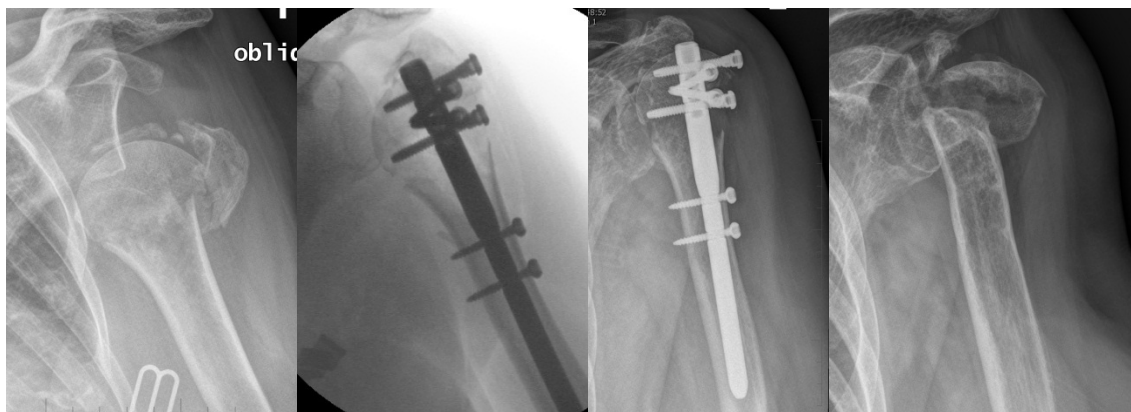
4, 8, 12, 16 a 24 týdních od úrazu ve dvou na sebe kolmých projekcích – AP přesná projekce na glenoid a transskapulární projekce (Y). RTG snímek byl pořízen rovněž při definitivní klinické kontrole. Z RTG snímků byla hodnocena dosažená repoze a dle stupně její kvality byl pacient zařazen do jedné ze tří skupin – repoze optimální, suboptimální a nedostatečná. Kritériem byla reziduální úhlová dislokace mezi hlavními fragmenty a ponechaná vzdálenost mezi hlavními fragmenty. Při reziduální úhlové dislokaci do 20° a vzdálenosti mezi fragmenty do 5 mm byla repoze hodnocena jako vynikající, jako uspokojivá při reziduální úhlové dislokaci $20-40^\circ$ a vzdálenosti mezi fragmenty 5-10 mm, a jako nedostatečná pak reziduální úhlová dislokace větší než 40° a vzdálenost mezi fragmenty více než 10 mm. Z RTG dokumentace dále byla hodnocena doba do zhojení zlomeniny a komplikace typu ztráty repoze nebo uvolnění implantátu. Ilustrace typických případů kvality repoze je na obrázcích 3.7a-c.



Obrázek 3.7a Vynikající repoze – tříúloková zlomenina, muž 74 let, vyšetření po 37 měsících, CS^{rel} 95%, CS^{abs} 91 bodů.



Obrázek 3.7b: Uspokojivá repoze – čtyřúloková zlomenina, žena 73 let, vyšetření po 51 měsících, CS^{rel} 89%, CS^{abs} 71 bodů



Obrázek 3.7c: Nedostatečná repozice – čtyřúlomková luxační zlomenina, žena 72let, vyšetření po 38 měsících, CS^{rel} 27%, CS^{abs} 17 bodů.

RTG snímky zhotovené při klinické kontrole byly použity pro kontrolu postavení implantátu, známky částečné nebo úplné nekrózy hlavice nebo resorpce hrbolu. Jako kompletní nekróza hlavice humeru byly hodnoceny případy s resorpcí a kolapsem hlavice s následnou protruzí implantátu kraniálně. Případy s rentgenologickými známkami částečné resorpce hlavice, které nevedly ke kolapsu hlavice a kraniální okraj hřebu zůstal pod úrovní chrupavky hlavice, byly hodnoceny jako částečná nekróza.

3.2.2.6 Klinické vyšetření

Všichni pacienti, kteří se dostavili ke klinickému vyšetření, podstoupili detailní strukturovaný rozhovor. Pro zhodnocení funkčního výsledku bylo použito skóre dle Constanta (tabulka 3.2). Pro každou končetinu bylo počítáno absolutní skóre (CS^{abs}) 0-100 bodů a následně bylo pro operovanou končetinu vypočteno relativní skóre (CS^{rel}) jako % bodové hodnoty nepostížené strany. Dle dosažené hodnoty CS^{rel} byli pacienti rozděleni do skupin s vynikajícím (více než 90 %), dobrým (80-90 %), uspokojivým (60-80 %) a neuspokojivým (méně než 60 %) výsledkem. Pro zhodnocení subjektivní úrovně bolesti byla navíc použita vizuální analogová škála – VAS s rozsahem 0-15, kde 0 odpovídalo žádné bolesti a 15 bolesti maximální. Pacient zaškrtnl číslo odpovídající hladině subjektivně vnímané bolesti. Měření izometrické síly svalstva ramenního pletence bylo provedeno certifikovaným dynamometrem. Klinické vyšetření všech pacientů bylo provedeno autorem a dvěma kolegy v poměru ca 50:30:10.

Skórovací systém funkce ramene Constant - Murley

Data							
Maximum elevace v předpažení ve stupních max 10 b	do 30 = 0 b 30 - 60 = 2 b 60 - 90 = 4 b						
Maximum elevace v upažení ve stupních max 10 b	90 - 120 = 6 b 120-150 = 8 b více 150 =10 b						
Maximum zátěže zvednuté do 90 st v kilogramech do 10 kg po půl kg max 25 b	bodů = kg * 2,5, zaokrouhlit nahoru						
Je pacient schopen ?							
plné práce s postiženým ramenem ?	ano 4 ne 0						
plné rekreace a sportovní činnosti s postiženým ramenem ?	ano 4 ne 0						
Spát nerušeným spánkem ?	ano 2 ne 0						
Dát ruku za hlavu s loktem držným vpředu ?	ano 2 ne 0						
Dát ruku za hlavu s loktem držným dozadu ?	ano 2 ne 0						
Dát ruku dlaní na hlavu s loktem držným dopředu ?	ano 2 ne 0						
Dát ruku dlaní na hlavu s loktem držným dozadu ?	ano 2 ne 0						
Provést plnou elevaci dlaně z pozice ruky položené na hlavě ?	ano 2 ne 0						
Zapiš body podle ohodnocení odpovídající odpovědi, jen 1x na řádek							
Bolest	Žádná	Jemná	Střední	Silná			
	15	10	5	0			
Umístění ruky	Nad hlavou	k hlavě	ke krku	ke xiphoidu	nad pas	pod pas	
	10	8	6	4	2	0	
Vnitřní rotace - výška ruky na zádech aktivně dorsem ruky k zádům	Inter skapul	12 hrudní obratel	3 bederní obratel	LS kloub	stejno str. hýžd'	stejno str. bok	
	10	8	6	4	2	0	
CELKEM bodů							

Tabulka 3.2 Tabulka skórovacího systému Constant–Murley

3.2.2.7 Statistické zhodnocení

Pro všechny variabilní proměnné byl počítán průměr a směrodatná odchylka. Kategorické proměnné byly uvedeny s absolutní a relativní frekvencí. Pro zhodnocení závislosti mezi jednotlivými proměnnými byla použita Pearsonova korelace. Dosažené hodnoty byly poměřeny s funkčním výsledkem pomocí jednosměrné analýzy rozptylu ANOVA v různých skupinách. Pro analýzu závislosti mezi kvalitou repoze a rozvojem nekrózy hlavice u skupiny 3-4 fragmentových zlomenin byl použit Chi Square test. P menší než 0,05 bylo uvažováno jako statisticky signifikantní, p menší než 0,1 jako tendence.

3.2.3 Výsledky

3.2.3.1 Zlomeniny chirurgického krčku – typ 11A AO, Neer III

Průměrný věk 36 vyšetřených pacientů se zlomeninou chirurgického krčku byl v době úrazu $57,1 \pm 18,7$ roku (15 mužů s průměrným věkem 55,3 roku, 21 žen s průměrným věkem 58,6 roku). V souboru bylo zastoupeno 5 zlomenin typu A2 a 31 zlomenin A3. Průměrná délka operace byla 68 ± 25 minut. Ze souboru 36 zlomenin se 36 zlomenin zhojilo (100 %) průměrně po $8,4 \pm 4,6$ týdnech.. Průměrná délka rehabilitace byla $20,0 \pm 9,0$ týdnů. Klinické vyšetření proběhlo průměrně po 54 ± 16 měsících od operace. Detaily souboru jsou znázorněné v tabulce 3.3.

Počet pacientů	36
Mužů	15
Žen	21
Průměrný věk	57 ± 19
Typ zlomeniny dle AO klasifikace	
11A2	5
11A3	31
Operační čas	68 ± 25
Doba hojení v týdnech	$8,4 \pm 4,6$
Doba rehabilitace v týdnech	20 ± 9
Odstup vyšetření od operace	54 ± 16

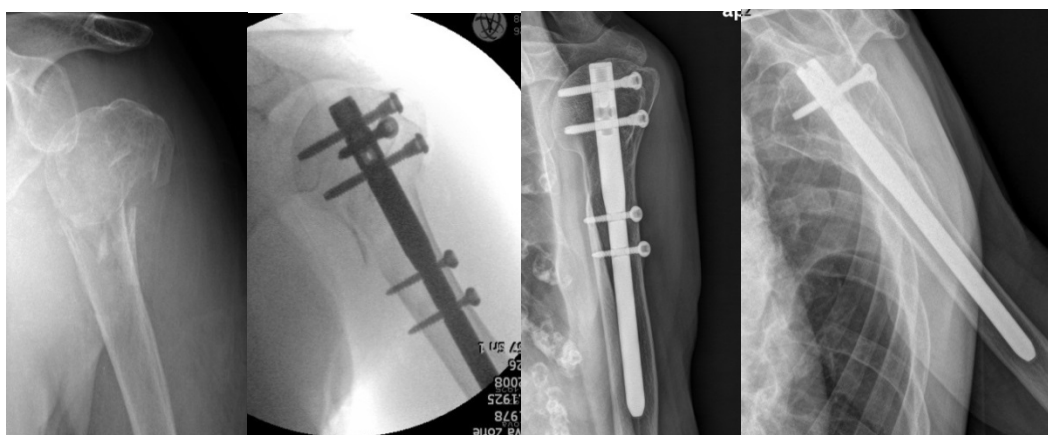
Tabulka 3.3 Demografie souboru pacientů s extraartikulárními zlomeninami

Dosažené průměrné CS^{abs} bylo $79,3 \pm 15,0$ bodů, průměrné CS^{rel} $89,5 \% \pm 13,4 \%$ zdravé strany. 26 pacientů (72 %) dosáhlo excelentního funkčního výsledku ($CS^{rel} \geq 90 \%$). Další detaily jsou znázorněny v tabulce 3.4. a grafu 3.1.

Funkční výsledky souboru pacientů s extraartikulárními zlomeninami			
Parametr	Poraněná	Zdravá	Poměr
Elevace	$164^\circ \pm 23^\circ$	$173^\circ \pm 13^\circ$	$94\% \pm 10\%$
Constant score - bodů CS^{abs} nebo $\% CS^{rel}$	79 ± 15	89 ± 11	$89\% \pm 13\%$
Hladina bolesti dle VAS 0 min – 15 max	$1,6 \pm 2,3$	$0,25 \pm 0,9$	
Síla – body z Constant score	$12,2 \pm 6,2$	$15,8 \pm 6,9$	$79\% \pm 26\%$

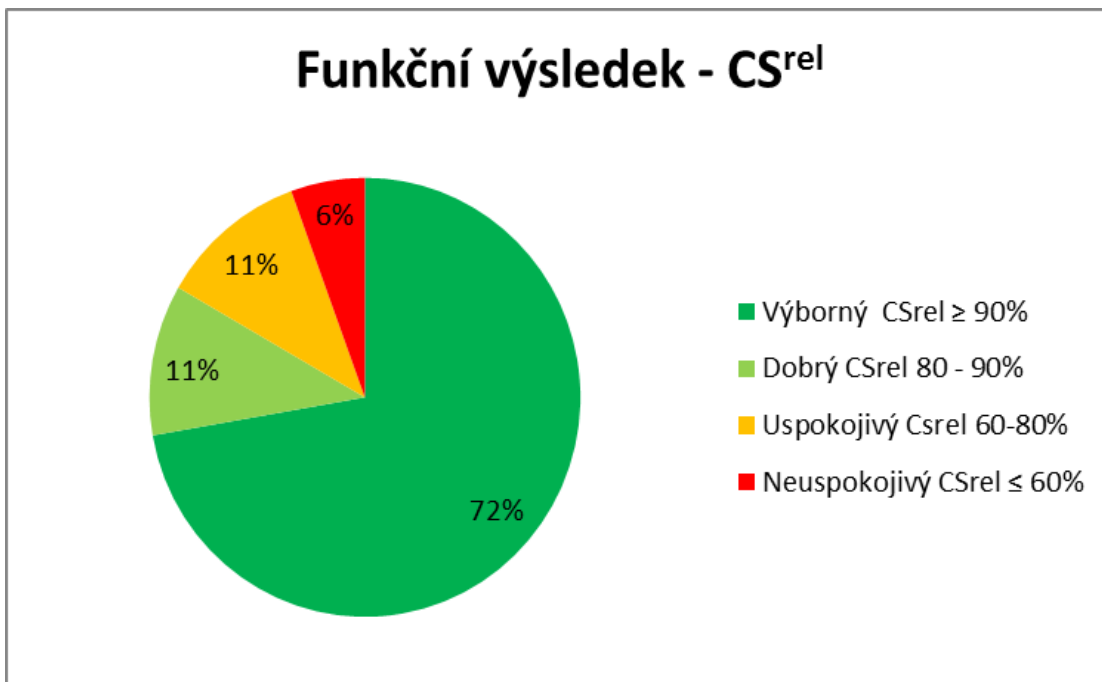
Tabulka 3.4 Funkční výsledky souboru pacientů s extraartikulárními zlomeninami

Repozice byla 33krát optimální, 3krát uspokojivá, nebyl zaznamenán případ nedostatečné repozice zlomeniny. Paklob ani hluboký infekční nebyly zjištěny. Během pooperačního období nedošlo ke ztrátě repozice. Jednou došlo k prasknutí jednoho distálního čepu. Zaznamenali jsme dva případy prodlouženého hojení – více než 12 týdnů. Nebyla zaznamenána žádná nekróza hlavice. Průměrná hladina absolutní subjektivní bolesti byla $1,6 \pm 2,3$ bodu VAS v rozmezí 0-15. Ukázka postupu s výsledným funkčním výsledkem je na obrázku 3.8.

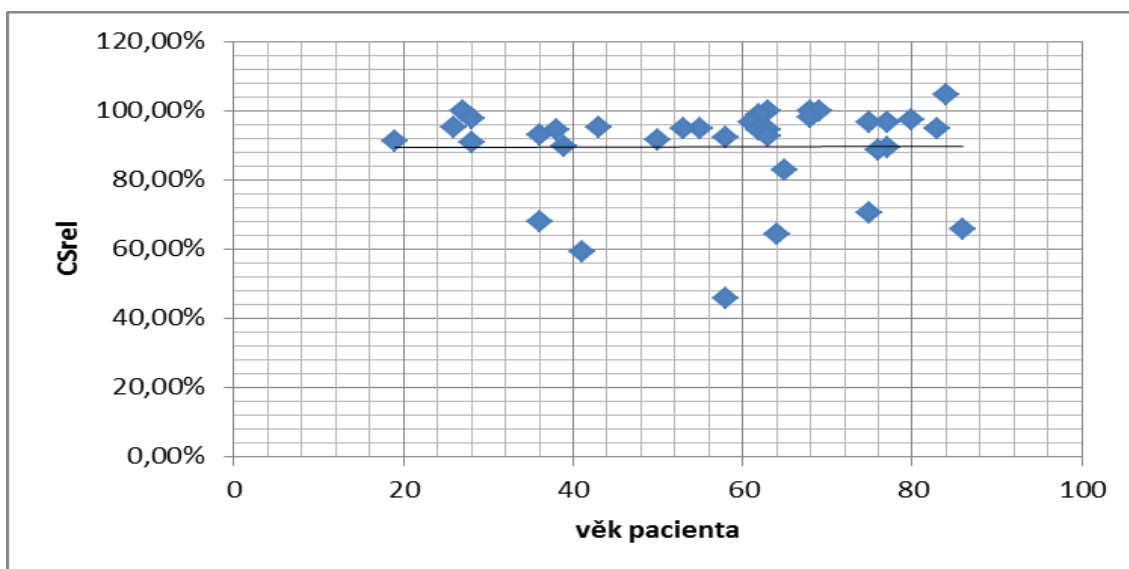


Obrázek 3.8 Žena, 83 let, 11A3, FU 49 měsíců, CS_{abs} 73b, CS_{rel} 95%

Statistické zpracování závislosti mezi jednotlivými proměnnými prokázalo minimální závislost relativního Constantova score na věku ($p=0,006$). Relativní Constantovo skóre všech operovaných pacientů seřazených dle věku v době úrazu je znázorněno v grafu 3.2.



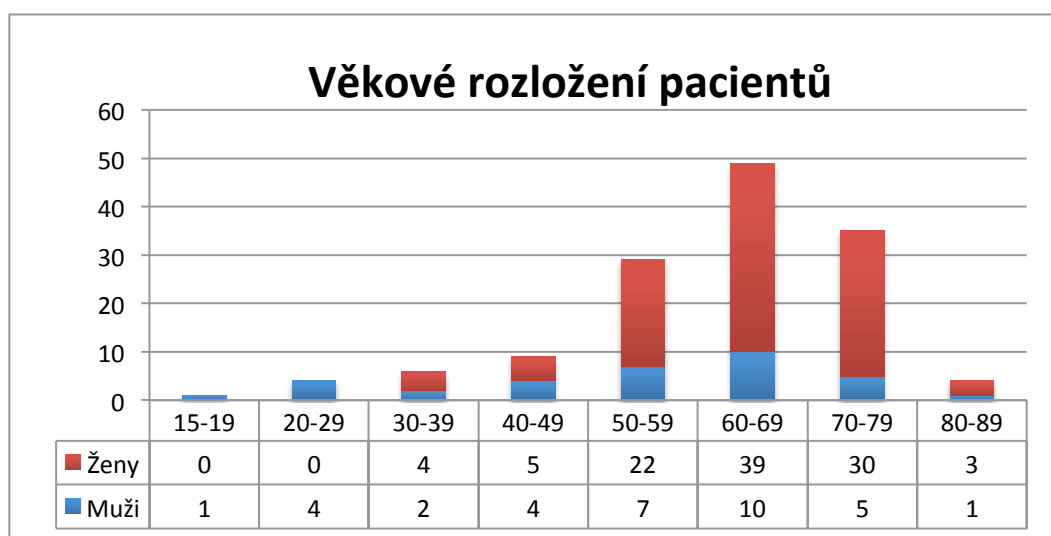
Graf 3.1 Funkční výsledek – skupiny pacientů dle dosaženého CS^{rel}



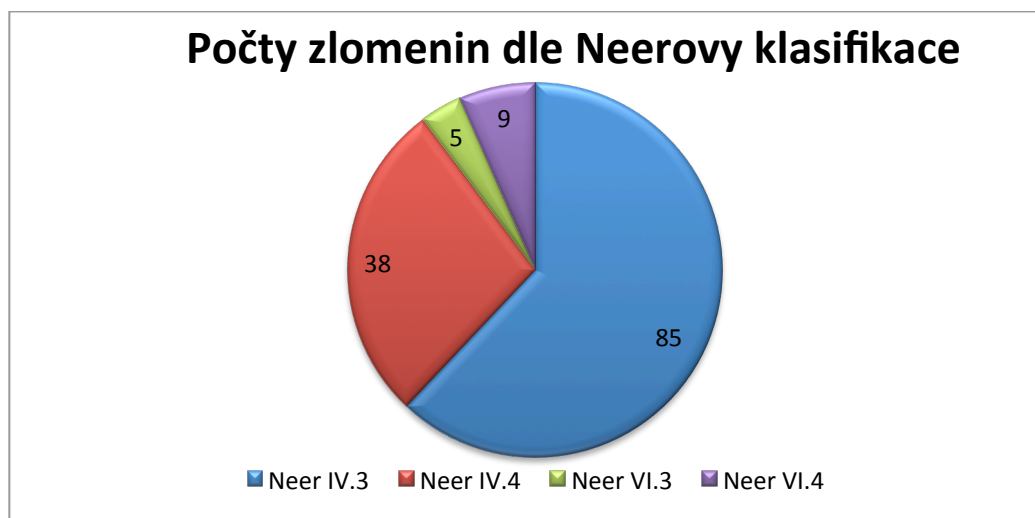
Graf 3.2 – CS^{rel} u všech 36 pacientů seřazených dle věku v době úrazu

3.2.3.2 Zlomeniny hlavice humeru 11B,11C AO ASIF, Neer IV-IV

Průměrný věk 137 hodnocených pacientů (ženy:muži = 103:34) v době chirurgického výkonu byl $61,2 \pm 15$ let, (průměrný věk mužů 54 let, žen 63 let). Tříúlomková zlomenina byla zastoupena 85krát, 38krát čtyřúlomková zlomenina, 5krát luxační tříúlomková zlomenina a 9krát luxační čtyřúlomková zlomenina. Šest zlomenin bylo klasifikováno jako „head-splitt“ zlomenina – zlomenina s rozlomením fragmentu hlavice centrálně od anatomického krčku. Demografie pacientů jsou shrnuty v grafech 3.3 a 3.4.



Graf 3.3 Demografie souboru pacientů se zlomeninou hlavice humeru



Graf 3.4 Počty zlomenin dle Neerovy klasifikace

Vynikající repozice bylo dosaženo primárně u 95 zlomenin, uspokojivé u 32 zlomenin a nedostatečné u 10 zlomenin.

Sto dvacet jedna zlomenin se zhojilo primárně bez ztráty repozice průměrně po $8,9 \pm 4,5$ týdnech, čtyři se zhojily se ztrátou primární repozice – ve dvou případech s varizací hlavice a ve dvou případech se sekundární dislokací velkého hrbolu. Bylo pozorováno 17 případů kompletní nekrózy hlavice, z toho v 5 případech se nekróza vyvinula až po zhojení zlomeniny. Ve 12 případech došlo k rozvoji částečné nekrózy hlavice. Částečná nebo kompletní resorpce velkého hrbolu byla zjištěna ve 21 případech, z toho v 8 případech současně s kompletní nekrózou hlavice. Rozvoj kompletní nekrózy hlavice byl signifikantně sdružen s tíží zlomeniny a dosaženou kvalitou repozice zlomeniny při osteosyntéze (tabulky 3.5 a 3.6). Ve skupině vynikající repozice byla kompletní nekróza pozorována pouze ve 2 případech (1 %), ve skupině uspokojivé repozice došlo k nekróze v 9 případech (28 %) a nedostatečná repozice vedla k rozvoji kompletní nekrózy hlavice v 6 případech, což bylo 60 % všech nedostatečně reponovaných případů. Tato závislost byla potvrzena Chi Square testem, $p < 0,001$.

Odstup klinického vyšetření pacientů od operace byl průměrně $58,3 \pm 18,4$ (27- 93) měsíců. Průměrné CS^{abs} bylo $71,0 \pm 22$ bodů, CS^{rel} $80,8 \pm 22,5\%$ neporaněné končetiny. Šedesát osm (49.6 %) pacientů dosáhlo vynikajícího výsledku (CS^{rel} vyšší než 90 %), 28 (20.4 %) dobrého výsledku, 17 (12.4 %) uspokojivého a 24 (17.5 %) neuspokojivého výsledku (CS^{rel} méně než 60 %). Průměrné CS^{rel} skupin pacientů rozdělených podle věku po 10 letech je znázorněno v tabulce. Pearsonova korelace CS^{rel} s věkem je slabá ($r = -0,26$). CS^{rel} bylo ovlivněno typem zlomeniny, jednocestná analýza ANOVA identifikovala tuto závislost s $p < 0,001$, funkční výsledky skupin jednotlivých typů zlomenin jsou znázorněny v tabulce 3.5. Závěrečný funkční výsledek byl silně ovlivněn kvalitou dosažené repozice, tato závislost je dokumentována v tabulce 3.6. Ve skupině vynikající repozice bylo průměrné CS^{rel} 88 % oproti skupině uspokojivé repozice s průměrným CS^{rel} 70 % a 52 % ve skupině repozice nedostatečné. Tento rozdíl byl statisticky potvrzen jednocestnou ANOVA analýzou s $p < 0,001$. Rozdíl mezi skupinami tří- a čtyřúlovkových zlomenin a průměrné skóre skupin těchto zlomenin v případě započítání nebo nezapočítání nekroz hlavice ukazuje tabulka 3.7. Konečně průměrné CS^{rel} pacientů rozdělených do věkových skupin po 10 letech ukazuje graf 3.5, opět s vyloučením nebo započítáním případů nekroz hlavice.

Tabulka 3.5 Typy zlomenin a vliv na funkční výsledek a rozvoj kompletní avaskulární nekrózy hlavičky

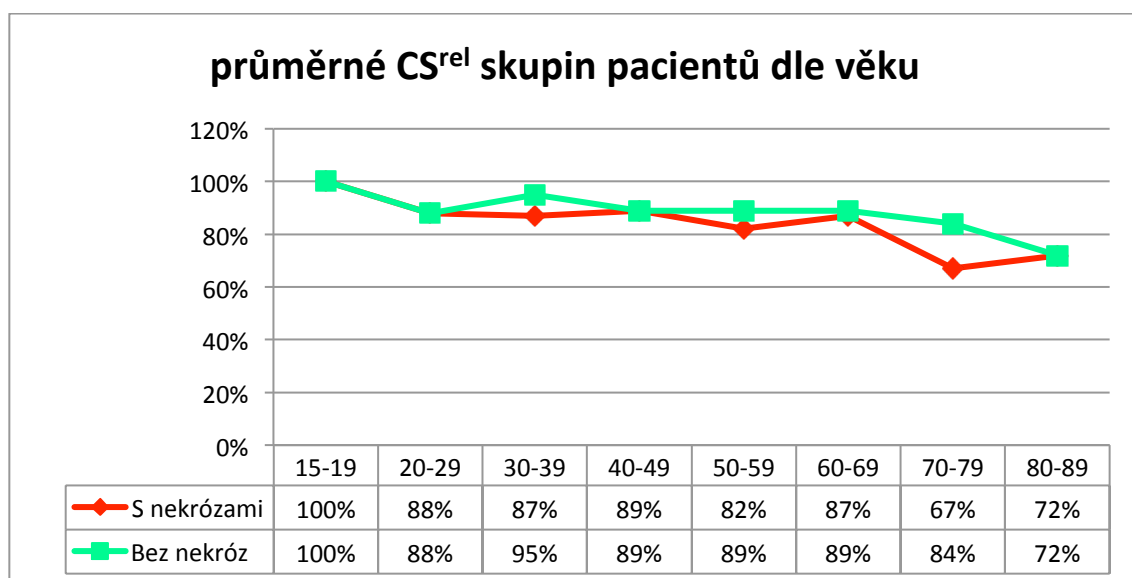
Typ zlomeniny	N	CS ^{abs}	CS ^{rel}	Hladina bolesti VAS 0 min 15 max	Relativní síla nepostižených končetin	Počet nekróz ve skupině zlomenin	% nekróz ve skupině zlomenin
Zlomeniny							
Neer IV.3, V.3	85	75,3 ± 18,6	85,4% ± 18,3%	2,0	71,0%	3	3,5%
Neer IV.4	38	63,8 ± 25,4	73,2% ± 26,5%	3,8	56,3%	10	26,3%
Luxační zlomeniny							
Neer VI.3	5	67,0 ± 25,6	79,5% ± 26,7%	4,0	57,0%	1	20,0%
Neer VI.4	9	63,4 ± 23,7	70,3% ± 25,9%	2,1	50,8%	3	33,3%
Celkem	137	71,0 ± 22,0	80,8% ± 22,5%	2,6	65,1%	17	12,4%

Tabulka 3.6 Vliv dosažené kvality repozice na funkční výsledek a rozvoj kompletní avaskulární nekrózy hlavičky

Kvalita repozice	N	CS ^{rel}	CS ^{abs}	Průměrná úroveň bolesti z VAS	Absolutní počet kompletních nekróz hlavičky humeru	% kompletních nekróz ve skupině kvality repozice
1 - vynikající	95	87,6%	77,8	1,9	2	2,1%
2 - uspokojivá	32	69,8%	59,7	3,8	9	28,1%
3 - nedostatečná	10	51,6%	42,8	5,2	6	60,0%

Tabulka 3.7 Vliv dosažené kvality repozice na funkční výsledek
Porovnání skupin 3 a 4-úlomkových zlomenin s a bez případů kompletní nekrózy hlavičky.

Typ zlomeniny	kvalita repozice	N	počet kompletních nekróz	průměrné CS ^{rel} %	
				nekrózy zahrnuty	nekrózy vyjmuty
3-úlomková	1 - vynikající	65	0	88	88
	2 - uspokojivá	16	1	79	82
	3 - nedostatečná	4	1	66	70
4-úlomková	1 - vynikající	21	1	88	90
	2 - uspokojivá	13	6	57	76
	3 - nedostatečná	4	3	48	86



Graf 3.5 Průměrné CS^{rel} u věkových skupin pacientů

Komplikace

Celkem bylo zaznamenáno 81 komplikací v celé skupině 137 pacientů. Nejčastější komplikací byla osteonekróza hlavice v 50 případech. V 17 případech se jednalo o kompletní nekrózu, ve 12 případech o částečnou nekrózu a ve 21 případech došlo k nekróze velkého hrbolu. Kompletní nekróza hlavice se rozvinula v 8 případech v prvním roce, v 7 případech ve druhém roce a 2krát ve třetím roce po operaci.

Typ komplikace	Počet pacientů	Léčba	Počet pacientů
Nekróza	50		
Hlavice kompletní	17	Endoprotéza	2
		Extrakce kompletní	7
		Extrakce šroubů	1
		Bez léčby	7
Hlavice částečná	12	Extrakce šroubů	3
		Bez léčby	9
Hrbolů	21	Bez léčby	21
Hluboký infekt	1	Extrakce, laváž	1
Pakloub	0	Bez léčby	0
Opožděné hojení (+12 týdnů)	10	Bez léčby	10
Ztráta repozice	4	Kompletní extrakce	2
		Bez léčby	2
Migrace šroubů	16	Extrakce šroubů	10
		Bez léčby	6
Celkem	81		81

V 10 případech osteonekrózy byl vyjmut kovový materiál, ve dvou případech následován endoprotézou. V 7 případech nebyla indikována žádná léčba. Uvolnění

šroubů bylo pozorováno v 16 případech, 12krát proximálních a 4krát distálních. Jeden zaznamenaný případ hlubokého infektu byl léčen extrakcí kovového materiálu a laváží, poté došlo k ústupu infekce. Pseudoartróza nebyla zaznamenána. Čtyřikrát došlo ke ztrátě repozice – ve dvou případech s následnou varizací hlavice a 2krát došlo k migraci hrbolů - jednou pouze velkého, jednou obou hrbolů. Celkem došlo kvůli rozvoji komplikací k 26 reoperacím (19 %). Tabulka 3.8 ukazuje přehled komplikací.

Rozvoj kompletní nekrózy hlavice měl negativní vliv na výsledek léčby. Průměrné CS^{rel} pacientů, u kterých nedošlo k rozvoji nekrózy hlavice, bylo 88 %. Již částečná nekróza hlavice snížila průměrný výsledek CS^{rel} na 70 % a pokud se vyvinula nekróza kompletní, průměrné CS^{rel} kleslo dramaticky na 36 % nepostižené strany. Jednocestná ANOVA potvrdila tuto závislost s $p < 0,001$.

Tabulka 3.9 Vliv avaskulární nekrózy na funkční výsledek a korelace s kvalitou dosažené repozice			
	Nekróza hlavice		
	Nepřítomná	Částečná	Kompletní
Počet případů	108	12	17
CS ^{rel}	88%	78%	36%
Relativní elevace	92%	79%	47%
Bolest dle VAS 0-15 (0-min, 15-max)	2,1	2,4	5,9
Relativní síla	73%	62%	16%
Počet dosažených kvalit repozice			
Vynikající	85	8	2
Uspokojivá	19	4	9
Nedostatečná	4	0	6
Průměrná peroperační kvalita repozice (1-3)	1,25	1,33	2,24

Vliv na rozvoj nekrózy hlavice měla kvalita repozice fragmentů při osteosyntéze – ve skupině vynikajících repozic byla frekvence nekroz hlavice pouze 2 % ve srovnání s 28 % u uspokojivé repozice a dokonce 60 % při repozici nedostatečné. Kompletní nekróza hlavice je bolestivá. Ve skupině kompletních nekroz byla průměrná dosažená hladina bolesti 6 bodů 15stupňové vizuální analogové škály, kde 15 bodů byla maximální možná bolest., tabulka 3.9 ukazuje analýzu případů nekroz.

3.2.4 Diskuze

3.2.4.1 Zlomeniny chirurgického krčku – typ 11A AO, Neer III

Hodnocení dlouhodobých výsledků léčby zlomenin proximálního humeru je v literatuře řídké. Většina studií hodnotí společně všechny zlomeniny proximálního humeru tj. extra- i intraartikulární. Porovnání s odpovídající literaturou je proto poměrně obtížné. Dle našeho zjištění nebyla studie s podobným odstupem od operace doposud publikována. Zaměřili jsme se proto na porovnání se studiemi s odstupem od operace alespoň 12 měsíců a více publikovanými v posledních 10 letech (47, 54, 55, 71-74). Počet extraartikulárních zlomenin v hodnocených souborech je oproti naší studii menší (15-35 pacientů). Odstup od úrazu je kratší – většinou 12 měsíců, pouze Zhu a spol. a Greiner a spol. mají průměrný odstup od operace 36, resp. 45 měsíců (72, 74). Pouze jedna studie byla zaměřena na stejný typ zlomeniny - extraartikulární zlomeniny proximálního humeru (74). Nespecifikovaný věkový průměr a použití pouze absolutního Constantova skóre jsou další momenty, které ztěžují porovnání výsledků publikovaných studií s našimi výsledky. Extrémně dobré závěrečné hodnoty absolutního Constantova skóre uvádí studie pouze Zhu a spol. (74). Námi zjištěné funkční výsledky hodnot publikovaných v této studii nedosahují. Při porovnání s ostatními doposud publikovanými studiemi jsou námi zjištěné funkční výsledky srovnatelné nebo lepší. Vliv na dobrý výsledek léčby má jistě důraz na kvalitu repozice a správné technické provedení osteosyntézy, tedy strategie, kterou na našem oddělení preferujeme před miniinvazivitou. V naprosté většině našich případů bylo peroperačně dosaženo optimální repozice fragmentů.

Námi zjištěné výsledky prokázaly minimální závislost relativního Constantova skóre na věku. Výborné výsledky byly dosaženy i u pacientů starších 80 let. Vyšší věk pacienta tak dle našeho zjištění není kontraindikací osteosyntézy. Operační léčba naopak přináší větší soběstačnost pacienta a možnost dosažení výborného funkčního výsledku při zanedbatelném riziku komplikací. Jejich celkový počet byl asi nejvíce překvapivým zjištěním této části naší studie. Kromě jednoho zlomeného distálního čepu v případě prodlouženého hojení zlomeniny nebyla zaznamenána žádná komplikace léčby. Zhu a spol. uvádí u dlahové osteosyntézy extraartikulárních zlomenin 31 % procent komplikací, u hřebování pak 4 % (74). Ostatní studie neuvádí komplikace léčby konkrétně pro extraartikulární zlomeniny. Zejména u dlahového typu osteosyntézy je

však ztráta repozice a selhání OS u zlomenin s defektem mediální kortiky komplikací s nezanedbatelnou frekvencí (49, 46, 75, 76).

Častým tématem odborných diskuzí bývá iatrogenní poškození rotátorové manžety při hřebování zlomenin proximálního humeru. Námi zjištěná průměrná absolutní hladina bolesti 1,6 bodu z 15bodového maxima VAS výraznější potíže vyplývající z této skutečnosti nepotvrdila. Dle literatury je navíc velmi častý určitý stupeň poškození rotátorové manžety v souvislosti s úrazem (77). Peroperačně je tak možno toto trauma ošetřit, což je z transdeltoideálního přístupu snadnější. Pro minimalizaci pooperačních potíží je důležitý zejména správný operační postup, zejména šetrné rozpolcení manžety v centrální dobře prokrvené části ve směru vláken(78). Dále je nezbytná spolehlivá sutura manžety při uzávěru rány.

Slabinou studie je poměrně malá část operovaných pacientů, kteří se dostavili k závěrečné klinické kontrole – přibližně 38%. Tato nevýhoda může být částečně vyvážena faktem, že věkové rozložení pacientů odpovídalo doposud publikovaným epidemiologickým šetřením a rovněž absolutním počtem vyšetřených pacientů.

3.2.4.2 Zlomeniny hlavice humeru 11B,11C AO ASIF, Neer IV-IV

Pro tyto typy zlomenin přinesla studie následující zjištění

1. Antegrádní hřebování je možné využít pro léčbu 3-4 fragmentových zlomenin proximálního humeru.
2. Stupeň dosažené repozice zásadně ovlivňuje výsledný funkční výsledek.
3. Rozvoj kompletní nekrózy hlavice humeru vylučuje možnos dobrého funkčního výsledku.
4. Nedostatečná repozice signifikantně sdružena s rozvojem kompletní nekrózy hlavice humeru.

Vliv věku

Indikace operační léčby dislokovaných zlomenin proximálního humeru u pacientů ve vyšším věku je stále kontroverzní. Někteří autoři v poslední době publikovali dobré výsledky konzervativní léčby těchto zlomenin a diskutují oprávněnost operační léčby u starších pacientů (29-31, 79). Hirschmann a spol. popsali věk jako jedno z největších rizik pro dosažení dobrého výsledku, Linhart a Greiner publikovali lepší výsledky operační léčby pro mladší pacienty, nicméně pro hodnocení funkčního výsledku bylo

použito absolutní Constantovo skóre (42, 55, 72). Vzhledem k menší svalové síle u starších pacientů je však nezbytné porovnání s neporaněnou stranou.

Funkční výsledky pacientů rozdělených do věkových skupin po 10 letech ukazuje způsobilost rekonstrukční taktiky zlomenin v každém věku. Průměrné CS^{rel} se pohybovalo mezi 88-82 % s jedinou výjimkou, kterou byla věková skupina 70-79 let, kde CS^{rel} bylo 67 %. Výsledky skupiny však byly ovlivněny vysokým procentem kompletních nektróz hlavice – 33 %, zatímco v ostatních skupinách byla frekvence nektróz hlavice mezi 0-17 %. Když nebyly případy nektróz započítány, CS^{rel} stoupl i u pacientů této skupiny na 84 %. Věková skupina 80-89 let měla CS^{rel} mírně nižší – 72 %. Podobné výsledky byly referovány Gaheerem a spol. a Konradem a spol. (56, 80).

Vliv typu zlomeniny

Ve studii dosáhli nejlepšího výsledku pacienti s tříúlomkovými zlomeninami, další pořadí bylo luxační tříúlomkové zlomeniny, čtyřúlomkové zlomeniny a nejhoršího výsledku bylo dosaženo ve skupině čtyřúlomkových luxačních zlomenin. Většina doposud publikovaných studií uvádí podobné výsledky, bez ohledu na typ operační léčby (48, 54, 71, 80, 81) (71). Linhart a spol. a Gerber a spol. zjistili podobné výsledky bez ohledu na typ zlomeniny, nicméně ve studii Linharta a spol. bylo přítomno pouze 7 % čtyřúlomkových zlomenin, pacienti ve studii Gerbera a spol. zase byli výrazně mladší – průměrný věk byl 44 let (55, 82).

Průměrný výsledek jednotlivých skupin zlomenin byl ovlivněn četností kompletní nektrózy hlavice ve skupině. V naší studii byl výskyt kompletní nektrózy 3 % ve skupině tříúlomkových zlomenin, 26 % ve skupině čtyřúlomkových zlomenin. Nektróza hlavice se může rozvinout nejen v časném poúrazovém období, ale i v později, až do 3-4 let po operaci, jak publikovali Greiner a spol. (72). Z tohoto důvodu je porovnání se studii s follow-up kratším než dva roky ne zcela věrohodné. Publikované průměrné výsledky hřebování u tříúlomkových zlomenin oscilují okolo 74 bodů CS^{abs} nebo 83-39 % CS^{rel} (54, 71, 72, 83), což víceméně odpovídá námi zjištěnému výsledku 75 bodů CS^{abs} , resp. 85 % CS^{rel} . Publikované výsledky dlahové techniky jsou mírně nižší, CS^{abs} mezi 58-80 body, CS^{rel} 75-87 % (48, 71, 72).

Průměrné CS^{abs} u čtyřúlomkových zlomenin bylo v naší studii 64 bodů, CS^{rel} 73 %. Porovnání s jinými studii je problematické pro nízký počet čtyřúlomkových zlomenin v doposud publikovaných studii. Pro tento typ zlomenin je doposud stále

mnohem častěji indikována osteosyntéza úhlově stabilní dlahou, přes její biomechanické nevýhody zmíněné v úvodu práce. Nejvíce čtyřfragmentových zlomenin hodnotili Gradl a spol. (71), ve skupině čtrnácti čtyřúlomkových zlomenin bylo průměrné CS^{rel} 72 %, CS^{abs} nebylo zmíněno. V dalších studiích hřebování proximálního humeru je zastoupení čtyřúlomkových zlomenin ještě výrazně nižší. Dlahová technika dosahuje u čtyřúlomkových zlomenin CS^{abs} 56-79 %, nicméně problém s malými soubory i zde komplikuje porovnání s touto technikou, počet hodnocených zlomenin kolísá mezi 2-19, nejvíce kolem 10 (22, 42, 48, 71, 84-87). Konečně, byly nalezeny pouze dvě studie s dlouhodobými výsledky, kde byly zastoupeny i 4-úlomkové zlomeniny, dílčí výsledek pro tento typ zlomenin bohužel není uveden ani v jedné ze studií (42, 82).

Repozice a její vliv na výsledek léčby

Vliv kvality repozice na výsledný funkční výsledek byl již pozorován a většina studií popisuje zhoršení výsledku léčby u nedostatečně zreponovaných zlomenin nebo zlomenin zhojených v dislokaci (47, 49, 56, 76, 82, 85). V mé studii byla tato zjištění potvrzena. Fjalestad a spol. pozorovali u zlomenin typu 11B2 a 11C2 horší postavení zlomenin léčených konzervativně než operačně, u zlomenin léčených konzervativně pak byla pozorována dvojnásobná incidence nekrózy hlavice (77). Funkční výsledek nicméně kvalitou repozice nebyl ovlivněn. Na druhou stranu, průměrné CS^{abs} bylo relativně nízké u obou skupin pacientů – 53 bodů. Nevýhodou této studie je kombinace zlomenin typu B a C, jelikož výskyt nekrózy hlavice je u těchto typů zlomenin odlišná. Helwig a spol. zjistili korelaci mezi reziduální axiální a rotační dislokací zlomeniny a rozvojem nekrózy hlavice (47).

Komplikace

Celkový výskyt komplikací byl 81 případů u 137 pacientů (59 %). Dvacet šest pacientů (19 %) podstoupilo další nutnou léčbu. Případy s některým typem nekrózy hlavice, kterých bylo celkem 50, tvořily většinu komplikací.

Nekróza

Rozvoj osteonekrózy hlavice pažní kosti má velký vliv na kvalitu života pacientů s úrazem hlavice humeru. V mé studii byla celková frekvence výskytu avaskulární

nekrózy hlavice humeru 21% (12,4 % kompletní nekrózy a 8,6 % částečné). Dřívější studie hřebování uváděly nižší incidenci kompletní avaskulární nekrózy – 1-3 % (54, 56, 71). Tento rozdíl je s největší pravděpodobností důsledkem dvou faktorů: 1. naše studie má výrazně větší odstup hodnocení výsledků od operační léčby 2. rozdílem v typech léčených zlomenin (v naší studii nebyly vůbec zahrnuty zlomeniny extraartikulární, u kterých se nekróza hlavice téměř nevyskytuje, naproti tomu jsou zde zahrnuty i luxační zlomeniny (10 %), u kterých je výskyt nekrózy hlavice vyšší.

Zamykatelné dlahy jsou u víceúlomkových a tříštivých zlomenin hlavice humeru užívány častěji. Incidence těchto zlomenin je v mém souboru podobná, takže porovnání se studii hodnotícími dlahovou osteosyntézou se zdá být vhodnější. U čtyřúlomkových zlomenin léčených LCP implantáty se incidence kompletní nekrózy hlavice pohybuje mezi 18-55 % (22, 88-91). V mém souboru pacientů byl výskyt kompletní nekrózy hlavice podobný – 26 % u čtyřúlomkových zlomenin a 3 % u tříúlomkových zlomenin. Frekvence výskytu avaskulární nekrózy je výrazně ovlivněna indikační strategií, zejména poměrem zlomenin, které jsou primárně indikovány buď pro rekonstrukční výkon, nebo náhradu. Na našem oddělení jsou všichni pacienti primárně indikováni pro rekonstrukční výkon a pouze při nemožnosti rekonstrukce na operačním sále je sekundárně indikována náhrada hlavice.

Ačkoli byly popsány příznivé funkční výsledky při rozvoji osteonekrózy hlavice (92), výsledky mého souboru toto zjištění potvrdily pouze částečně u pacientů s částečnou nekrózou hlavice. Rozvoj kompletní nekrózy hlavice vedl k signifikantnímu omezení hybnosti ramenního kloubu, snížení svalové síly a větší bolesti, v souladu se studii Henteho a spol. nebo Greinera a spol. (72, 89).

Mezi faktory, které zvyšují riziko rozvoje kompletní avaskulární nekrózy, byly doposud řazeny typ zlomeniny, stupeň dislokace a typ léčby (75, 93-96). Dle Helviga a spol. a Fjalestada a spol. nedostatečné repozice zvyšuje riziko rozvoje avaskulární nekrózy (30, 47). Moje studie potvrdila toto zjištění a silná závislost mezi dosaženou kvalitou repozice a následným rozvojem nekrózy hlavice byla potvrzena.

Jiné komplikace

S nulovým výskytem pseudoartrózy, jedním hlubokým infektem a čtyřmi ztrátami repozice (3 %) byla frekvence tzv. velkých komplikací v našem souboru nižší, než v ostatních publikovaných studiích, zejména v porovnání s úhlově stabilními dlahami

(42, 93) (87) (86) (75) (46). Biomechanické vlastnosti přímého hřebíku jsou bezpochyby jedním z nejdůležitějších faktorů tohoto příznivého výsledku.

Rotátorová manžeta

Odlišit problémy související s poškozením rotátorové manžety při operačním přístupu od potíží způsobených vlastním úrazem je poměrně obtížné. Výhodou hřebování přímými hřebíky, mezi něž patří i hřeb Targon PH, je podélné rozpolcení manžety v jejím nejvíce vaskularizovaném místě. Hojení je tak méně porušené než při hřebování zahnutými hřebíky. Nelze ani opomenout možnost poranění rotátorové manžety vlastním úrazem, jak referoval Fjalestad a spol. (77). Transdeltoideální přístup tak umožňuje simultánní reparaci poškození manžety i provedení operačního výkonu. U hřebování proximálního humeru byla popsána možnost tvorby jizevnaté tkáně mezi manžetou a vstupním otvorem (83). Trvalé omezení pohyblivosti ramenního kloubu během prvních týdnů po operaci je proto nutné pečlivě sledovat a indikovat eventuálně časnou artroskopii ramenního kloubu.

Zásadní vliv kvality repozice na výsledný funkční výsledek a rozvoj osteonekrózy hlavice může změnit strategii ošetření během operačního výkonu. Ve chvíli, kdy je zřejmé, že se nepodaří docílit optimální repozice fragmentů, respektive repozice fragmentů je nedostatečná, je možno očekávat jak špatný funkční výsledek, tak s vysokou pravděpodobností rozvoj nekrózy hlavice. To může vést ke změně operační strategie během operace z rekonstrukce na náhradu hlavice.

Má studie má některé limitace. Za prvé, funkční zhodnocení podstoupila pouze přibližně polovina z operovaných pacientů. Tento nedostatek je částečně vyvážen tím, že celkový počet pacientů je stále poměrně velký a rovněž rozložení typů zlomenin i věkové rozložení pacientů odpovídá dosavadním epidemiologickým šetření výskytu zlomenin hlavice pažní kosti.

Za druhé, přesné rozdělení kvalit repozice do jednotlivých skupin. V některých případech mohly překrývající se fragmenty vést k nesprávné interpretaci a zařazení do nesprávné skupiny zlomenin. Rozdíly mezi lepšími dvěma skupinami repozicí nejsou nicméně tak zásadní jako rozdíl mezi skupinou s nedostatečnou repozicí a zbývajícími dvěma skupinami. Špatná repozice byla ve všech deseti případech naprosto zřejmá. Detailnější analýza typu a velikosti selhání by mohla přinést další zjištění.

3.2.5 Závěr klinické části práce

3.2.5.1 Zlomeniny chirurgického krčku humeru 11A, Neer III

Klinické výsledky léčby dvouúlomkových zlomenin chirurgického krčku humeru hřebováním ukázaly spolehlivost této metody pro všechny věkové skupiny pacientů. Výborný funkční výsledek a minimum komplikací jsou nejdůležitějšími faktory pro doporučení hřebování pro tento typ zlomenin proximálního humeru.

3.2.5.2 Zlomeniny hlavice humeru 11B,C, Neer IV-VI

Výsledky pro tří- a čtyřfragmentové zlomeniny ukázaly vhodnost hřebování i pro tyto komplikované zlomeniny. Hypotéza ovlivnění funkčního výsledku kvalitou repozice byla potvrzena. Navíc dle mého zjištění kvalita repozice zlomeniny zásadně ovlivňuje nejenom funkční výsledek, ale je spojena i s četností rozvoje avaskulární nekrózy hlavice. Pokud je dosaženo správné repozice, lze očekávat vynikající výsledek i u těžce dislokovaných nitrokloubních zlomenin nebo zlomenin luxačních. Na druhou stranu pokud adekvátní repozice není možno dosáhnout, je na místě zvážit změnu strategie na léčbu cervikokapitální endoprotézou, protože pravděpodobnost rozvoje avaskulární nekrózy je v tuto chvíli velmi vysoká.

4 Závěr

Antegrádní hřebování úhlově stabilními hřeby může být úspěšně použito pro léčbu zlomenin hlavice pažní kosti včetně luxačních zlomenin. Technika je použitelná pro všechny věkové skupiny včetně pacientů ve vysokém věku. Správná repozice fragmentů a dosažení postavení co nejbližší anatomickému jsou klíčem pro dobrý nebo výborný výsledek léčby. Její úroveň ovlivňuje nejenom funkční výsledek, ale i rozvoj kompletní avaskulární nekrózy. Pokud během operace není uspokojivá repozice fragmentů dosažena, je nutné změnit operační strategii na implantaci kloubní náhrady pro vysoké riziko špatného a bolestivého funkčního výsledku.

Cílem mé studie bylo experimentální vyšetření stability osteosyntézy standardně vytvořené třífragmentové zlomeniny proximálního humeru hřebem Targon PH a zhodnocení klinické úspěšnosti léčby tímto implantátem na vlastním souboru. S přihlédnutím k těmto cílům je tedy možno konstatovat následující:

- stabilita osteosyntézy zlomeniny proximálního humeru hřebem Targon PH je dle výsledků mého experimentu zcela dostačující pro zhojení zlomeniny v této oblasti. Dislokace hlavice i velkého hrbolu byla i po 10.000 cyklech namáhání osteosyntézované zlomeniny minimální a v reálném životě lze po tomto počtu pohybů v oblasti ramenního kloubu předpokládat zhojení zlomeniny. Vzhledem k tomu, že klinická část prokázala minimum výskytu komplikací typu prodlouženého hojení nebo paklobů, byl tento experimentální předpoklad potvrzen i v klinické části práce.

Zjištěné výsledky léčby dvouúlomkových zlomenin ukázaly spolehlivost hřebování pro všechny věkové skupiny pacientů. Výborný funkční výsledek a minimum komplikací jsou nejdůležitějšími faktory pro doporučení hřebování pro tento typ zlomenin proximálního humeru.

Výsledky skupiny tří- a čtyřfragmentových zlomenin prokázaly vhodnost hřebování i pro tyto komplikované zlomeniny. Hypotéza ovlivnění funkčního výsledku kvalitou repozice byla potvrzena, správná repozice je předpokladem výborného funkčního výsledku. Navíc, dle mého zjištění kvalita repozice zlomeniny zásadně ovlivňuje nejenom funkční výsledek, ale je spojena i s četností rozvoje avaskulární nekrózy hlavice. Pokud je dosaženo správné repozice, lze očekávat vynikající výsledek i u těžce dislokovaných nitrokloubních zlomenin nebo zlomenin luxačních. Na druhou stranu

pokud adekvátní repozice není možno dosáhnout, je na místě zvážit změnu strategie na léčbu cervikokapitální endoprotézou, protože pravděpodobnost rozvoje avaskulární nekrózy je v tuto chvíli velmi vysoká.

5 Použitá literatura

1. COURT-BROWN, C M, A GARG and M M MCQUEEN. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta orthopaedica Scandinavica* [online]. 2001, vol. 72, no. 4, pp. 365–371. Retrieved z: doi:10.1080/000164701753542023
2. LAURITZEN, J B, P SCHWARZ, B LUND, P MCNAIR and I TRANSBØL. Changing incidence and residual lifetime risk of common osteoporosis-related fractures. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 1993, vol. 3, no. 3, pp. 127–132.
3. BENGNÉR, U, O JOHNELL and I REDLUND-JOHNELL. Changes in the incidence of fracture of the upper end of the humerus during a 30-year period. A study of 2125 fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 1988, no. 231, pp. 179–182.
4. KRISTIENSEN, B, G BARFOD, J BREDESEN, J ERIN-MADSEN, B GRUM, M W HORSNAES and J R AALBERG. Epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta orthopaedica Scandinavica*. 1987, vol. 58, no. 1, pp. 75–77.
5. BARTONÍČEK, J, V DŽUPA, V FRIC, V PACOVSKÝ, J SKÁLA-ROSENBAUM and F SVATOS. [Epidemiology and economic implications of fractures of proximal femur, proximal humerus, distal radius and fracture-dislocation of ankle]. *Rozhledy v chirurgii : měsíčník Československé chirurgické společnosti*. 2008, vol. 87, no. 4, pp. 213–219.
6. FJALESTAD, Tore, Jan A FALCH and Knut STRØMSØE. Proximal humeral fractures and relation to osteoporosis: a cohort study of 49 hospitalized patients with 50 fractures. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie* [online]. 2009, vol. 19, no. 7, pp. 461–466. Retrieved z: doi:10.1007/s00590-009-0453-7
7. VOGEL, T, T DOBLER, H BITTERLING, P BIBERTHALER, K-G KANZ, K-J PFEIFER, R BARTL and W MUTSCHLER. [Osteoporosis in traumatology. Prevalence and management]. *Der Unfallchirurg* [online]. 2005, vol. 108, no. 5, pp. 356–364. Retrieved z: doi:10.1007/s00113-005-0927-y
8. LILL, H, P HEPP and C VOIGT. [CITATION][C]. *Die proximale Humerusfraktur Thieme*. 2006.
9. BLACK, D M and C COOPER. Epidemiology of fractures and assessment of fracture risk. *Clinics in laboratory medicine*. 2000, vol. 20, no. 3, pp. 439–453.
10. HARTOG, DEN, Dennis, Jeroen DE HAAN, Niels W SCHEP and Wim E TUINEBREIJER. Primary shoulder arthroplasty versus conservative treatment for comminuted proximal humeral fractures: a systematic literature review. *The*

- open orthopaedics journal* [online]. 2010, vol. 4, no. 2, pp. 87–92. Retrieved z: doi:10.2174/1874325001004020087
11. IANNOTTI, J P. [CITATION][C]. *The Shoulder: A Balance of Mobility and Stability* 1993.
 12. HOFFMEYER, P. The operative management of displaced fractures of the proximal humerus. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. 2002, vol. 84, no. 4, pp. 469–480.
 13. GERBER, C, A G SCHNEEBERGER and T S VINH. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*. 1990, vol. 72, no. 10, pp. 1486–1494.
 14. MEYER, C, V ALT, R KRAUS, G GIEBEL, J KOEBKE and R SCHNETTLER. [The arteries of the humerus and their relevance in fracture treatment]. *Zentralblatt für Chirurgie* [online]. 2005, vol. 130, no. 6, pp. 562–567. Retrieved z: doi:10.1055/s-2005-918157
 15. BARTONÍČEK, Jan and Jiří HEŘT. *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. 2004. ISBN 9788073450175.
 16. NEER, C S. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*. 1970, vol. 52, no. 6, pp. 1077–1089.
 17. NEER, Charles S, II. Four-segment classification of proximal humeral fractures: Purpose and reliable use. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* [online]. 2002, vol. 11, no. 4, pp. 389–400. Retrieved z: doi:10.1067/mse.2002.124346
 18. MÜLLER, M E, P KOCH, S NAZARIAN and J SCHATZKER. The comprehensive classification of fractures of long bones. 1990.
 19. HERTEL, R, A HEMPFING, M STIEHLER and M LEUNIG. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]* [online]. 2004, vol. 13, no. 4, pp. 427–433. Retrieved z: doi:10.1016/S1058274604000795
 20. TALLER, S, M KRIVOHLÁVEK and R LUKÁS. Hemiartroplastika v léčbě zlomenin proximálního humeru. *Acta Chir orthop*. 2007.
 21. TEPASS, Alexander, Gunnar BLUMENSTOCK, Kuno WEISE, Bernd ROLAUFFS and Christian BAHRS. Current strategies for the treatment of proximal humeral fractures: an analysis of a survey carried out at 348 hospitals in Germany, Austria, and Switzerland. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]* [online]. 2013, vol. 22, no. 1, pp. e8–14. Retrieved z: doi:10.1016/j.jse.2012.04.002
 22. BRORSON, Stig, Lars H FRICH, Annika WINTHER and Asbjørn HRÓBJARTSSON. Locking plate osteosynthesis in displaced 4-part fractures of

- the proximal humerus. *Acta Orthopaedica* [online]. 2011, vol. 82, no. 4, pp. 475–481. Retrieved z: doi:10.3109/17453674.2011.588856
23. HANDOLL, Helen H G, Benjamin J OLLIVERE and Katie E ROLLINS. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *The Cochrane database of systematic reviews* [online]. 2012, vol. 12, p. CD000434. Retrieved z: doi:10.1002/14651858.CD000434.pub3
 24. BÖHLER, Lorenz. *Technik der Knochenbruchbehandlung*. 1938. ISBN 175158642.
 25. KIRSCHNER, Martin. *Die Chirurgie*. 1940. ISBN 162560474.
 26. TINGART, M, H BÄTHIS, B BOUILLON and T TILING. [The displaced proximal humeral fracture: is there evidence for therapeutic concepts?]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 2001, vol. 72, no. 11, pp. 1284–1291.
 27. NEER, C S. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*. 1970, vol. 52, no. 6, pp. 1090–1103.
 28. RUEDI. *AO Principles of Fracture Management*. 2007. ISBN 9781588905567.
 29. BEATE HANSON MD, MPH, Philipp Neidenbach MD, MB FRCS PIET DE BOER BCHIR and PhD MSc DIRK STENGEL MD. Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* [online]. 2009, vol. 18, no. 4, pp. 612–621. Retrieved z: doi:10.1016/j.jse.2009.03.024
 30. FJALESTAD, Tore, Margrethe Ø HOLE, Inger Anette Hynås HOVDEN, Judith BLÜCHER and Knut STRØMSØE. Surgical treatment with an angular stable plate for complex displaced proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2012, vol. 26, no. 2, pp. 98–106. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e31821c2e15
 31. KRETTEK, C and U WIEBKING. [Proximal humerus fracture: is fixed-angle plate osteosynthesis superior to conservative treatment?]. *Der Unfallchirurg* [online]. 2011, vol. 114, no. 12, pp. 1059–1067. Retrieved z: doi:10.1007/s00113-011-2053-3
 32. KEEN, W W. I. FRACTURE OF THE GREATER TUBEROSITY OF THE HUMERUS, WITH DISLOCATION OF THE HUMERUS INTO THE AXILLA. IMMEDIATE REDUCTION OF DISLOCATION. ON SEVENTH DAY NAILING OF FRAGMENT OF TUBEROSITY IN PLACE. *Annals of surgery*. 1907, vol. 45, no. 6, pp. 938–944.
 33. LILL, H and C JOSTEN. [Conservative or operative treatment of humeral head fractures in the elderly?]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 2001, vol. 72, no. 11, pp. 1224–1234.

34. HERSCOVICI, D, D T SAUNDERS, M P JOHNSON, R SANDERS and T DIPASQUALE. Percutaneous fixation of proximal humeral fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2000, no. 375, pp. 97–104.
35. JABERG, H, J J WARNER and R P JAKOB. Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*. 1992, vol. 74, no. 4, pp. 508–515.
36. RESCH, H, C HÜBNER and R SCHWAIGER. Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. *Injury*. 2001, vol. 32 Suppl 1, pp. SA25–32.
37. BOGNER, R, C HÜBNER, N MATIS, A AUFFARTH, S LEDERER and H RESCH. Minimally-invasive treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in elderly patients. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* [online]. 2008, vol. 90, no. 12, pp. 1602–1607. Retrieved z: doi:10.1302/0301-620X.90B12.20269
38. LILL, H, P HEPP, J KORNER, P VERHEYDEN, C JOSTEN and G N DUDA. Neue Implantate zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen — Eine vergleichende in-vitro-Studie / New Implants for Stabilisation of Proximal Humeral Fractures: A Comparative In-Vitro Study [online]. 2001, pp. 358–358. Retrieved z: doi:10.1007/978-3-642-56458-1_116
39. KEENER, Jay D, Brad O PARSONS, Evan L FLATOW, Kenneth ROGERS, Gerald R WILLIAMS and Leesa M GALATZ. Outcomes after percutaneous reduction and fixation of proximal humeral fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]* [online]. 2007, vol. 16, no. 3, pp. 330–338. Retrieved z: doi:10.1016/j.jse.2006.09.006
40. FRIGG, R. Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the Dynamic Compression Plate and the Point Contact Fixator (PC-Fix). *Injury*. 2001, vol. 32 Suppl 2, pp. 63–66.
41. HELMY, Naeder and Beat HINTERMANN. New trends in the treatment of proximal humerus fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2006, vol. 442, pp. 100–108.
42. HIRSCHMANN, Michael Tobias, Basil FALLEGGGER, Felix AMSLER, Pietro REGAZZONI and Thomas GROSS. Clinical longer-term results after internal fixation of proximal humerus fractures with a locking compression plate (PHILOS). *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2011, vol. 25, no. 5, pp. 286–293. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e3181f2b20e
43. GARDNER, Michael J, Matthew H GRIFFITH, Joshua S DINES and Dean G LORICH. A minimally invasive approach for plate fixation of the proximal humerus. *Bulletin (Hospital for Joint Diseases (New York, N.Y.))*. 2004, vol. 62, no. 1-2, pp. 18–23.
44. ACKLIN, Yves P, Karl STOFFEL and Christoph SOMMER. A prospective analysis of the functional and radiological outcomes of minimally invasive

- plating in proximal humerus fractures. *Injury* [online]. 2013, vol. 44, no. 4, pp. 456–460. Retrieved z: doi:10.1016/j.injury.2012.09.010
45. GARDNER, Michael J, Matthew H GRIFFITH, Joshua S DINES, Stephen M BRIGGS, Andrew J WEILAND and Dean G LORICH. The Extended Anterolateral Acromial Approach Allows Minimally Invasive Access to the Proximal Humerus. *Clinical Orthopaedics and Related Research®* [online]. 2005, vol. &NA;, no. 434, pp. 123–129. Retrieved z: doi:10.1097/01.blo.0000152872.95806.09
46. JOST, Bernhard, Christian SPROSS, Holger GREHN and Christian GERBER. Locking plate fixation of fractures of the proximal humerus: analysis of complications, revision strategies and outcome. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]* [online]. 2013, vol. 22, no. 4, pp. 542–549. Retrieved z: doi:10.1016/j.jse.2012.06.008
47. HELWIG, Peter, Christian BAHRS, Björn EPPLE, Justus OEHM, Christoph EINGARTNER and Kuno WEISE. Does fixed-angle plate osteosynthesis solve the problems of a fractured proximal humerus? *Acta Orthopaedica* [online]. 2009, vol. 80, no. 1, pp. 92–96. Retrieved z: doi:10.1080/17453670902807417
48. SPROUL, Robert C, Jaicharan J IYENGAR, Zlatko DEVCIC and Brian T FEELEY. A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. *Injury* [online]. 2011, vol. 42, no. 4, pp. 408–413. Retrieved z: doi:10.1016/j.injury.2010.11.058
49. AGUDELO, Juan, Matthias SCHÜRMAN, Philip STAHEL, Peter HELWIG, Steven J MORGAN, Wolfgang ZECHEL, Christian BAHRS, Anand PAREKH, Bruce ZIRAN, Allison WILLIAMS and Wade SMITH. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2007, vol. 21, no. 10, pp. 676–681. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e31815bb09d
50. HESSMANN, Martin Henri, Werner Sternstein Matthias HANSEN, Frank KRUMMENAUER, Tamara Fischer POL and Maria ROMMENS. Locked Plate Fixation and Intramedullary Nailing for Proximal Humerus Fractures: A Biomechanical Evaluation. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* [online]. 2005, vol. 58, no. 6, pp. 1194–1201. Retrieved z: doi:10.1097/01.TA.0000170400.68994.AB
51. FÜCHTMEIER, B, R MAY, R HENTE, M MAGHSUDI, M VÖLK, J HAMMER, M NERLICH and L PRANTL. Proximal humerus fractures: a comparative biomechanical analysis of intra and extramedullary implants. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [online]. 2007, vol. 127, no. 6, pp. 441–447. Retrieved z: doi:10.1007/s00402-007-0319-6
52. FÜCHTMEIER, Bernd, Stefan BRÖCKNER, Reiner HENTE, Mohamad MAGHSUDI, Michael NERLICH and Lukas PRANTL. The treatment of dislocated humeral head fractures with a new proximal intramedullary nail system. *International Orthopaedics* [online]. 2008, vol. 32, no. 6, pp. 759–765. Retrieved z: doi:10.1007/s00264-007-0390-1

53. KITSON, Jeffrey, Grant BOOTH and Robert DAY. A biomechanical comparison of locking plate and locking nail implants used for fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]* [online]. 2007, vol. 16, no. 3, pp. 362–366. Retrieved z: doi:10.1016/j.jse.2006.01.019
54. MITTLMEIER, Th W F, H-W STEDTFELD, A EWERT, M BECK, B FROSCHE and G GRADL. Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (Targon PH). *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*. 2003, vol. 85-A Suppl 4, pp. 136–146.
55. LINHART, Wolfgang, Peter UEBLACKER, Lars GROSSTERLINDEN, Philipp KSCHOWAK, Daniel BRIEM, Arne JANSSEN, Behrus HASSUNIZADEH, Marte SCHINKE, Joachim WINDOLF and Johannes Maria RUEGER. Antegrade nailing of humeral head fractures with captured interlocking screws. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2007, vol. 21, no. 5, pp. 285–294. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e318059b5a1
56. KONRAD, Gerhard, Laurent AUDIGÉ, Simon LAMBERT, Ralph HERTEL and Norbert P SÜDKAMP. Similar Outcomes for Nail versus Plate Fixation of Three-part Proximal Humeral Fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research®* [online]. 2011, vol. 470, no. 2, pp. 602–609. Retrieved z: doi:10.1007/s11999-011-2056-y
57. ELLANTI, Prasad and Paul HARRINGTON. Functional Outcome after Simultaneous Bilateral Four-Part Proximal Humerus Fracture: A Comparison of ORIF and Hemiarthroplasty in an Individual Patient. *Case Reports in Orthopedics* [online]. 2012, vol. 2012, no. 1, pp. 1–3. Retrieved z: doi:10.1155/2012/941829
58. CAI, Ming, Kun TAO, Chunxi YANG and Shaohua LI. Internal fixation versus shoulder hemiarthroplasty for displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients. *Orthopedics* [online]. 2012, vol. 35, no. 9, pp. e1340–6. Retrieved z: doi:10.3928/01477447-20120822-19
59. KATOLIK, Leonid I, Anthony A ROMEO, Brian J COLE, Nikhil N VERMA, Jennifer K HAYDEN and Bernard R BACH. Normalization of the Constant score. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]* [online]. 2005, vol. 14, no. 3, pp. 279–285. Retrieved z: doi:10.1016/j.jse.2004.10.009
60. CONSTANT, C R and A H MURLEY. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1987, no. 214, pp. 160–164.
61. FIALKA, Christian, Gerhard OBERLEITNER, Paul STAMPFL, Werner BRANNATH, Michael HEXEL and Vilmos VÉCSEI. Modification of the Constant-Murley shoulder score-introduction of the individual relative Constant score Individual shoulder assessment. *Injury* [online]. 2005, vol. 36, no. 10, pp. 1159–1165. Retrieved z: doi:10.1016/j.injury.2004.12.023

62. BANKES, M J, J E CROSSMAN and R J EMERY. A standard method of shoulder strength measurement for the Constant score with a spring balance. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]*. 1998, vol. 7, no. 2, pp. 116–121.
63. BRIANZA, Stefano, Michael PLECKO, Boyko GUEORGUIEV, Markus WINDOLF and Karsten SCHWIEGER. Biomechanical evaluation of a new fixation technique for internal fixation of three-part proximal humerus fractures in a novel cadaveric model. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* [online]. 2010, vol. 25, no. 9, pp. 886–892. Retrieved z: doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.06.015
64. BERGMANN, G, F GRAICHEN, A BENDER, M KÄÄB, A ROHLMANN and P WESTERHOFF. In vivo glenohumeral contact forces--measurements in the first patient 7 months postoperatively. *Journal of biomechanics* [online]. 2007, vol. 40, no. 10, pp. 2139–2149. Retrieved z: doi:10.1016/j.jbiomech.2006.10.037
65. WÄHNERT, Dirk, Paata GUDUSHAURI, Damiano SCHIUMA, Geoff RICHARDS and Markus WINDOLF. Does cancellous bone compaction due to insertion of a blade implant influence the cut-out resistance? A biomechanical study. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* [online]. 2010, vol. 25, no. 10, pp. 1053–1057. Retrieved z: doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.08.003
66. WINDOLF, Markus, Volker BRAUNSTEIN, Christof DUTOIT and Karsten SCHWIEGER. Is a helical shaped implant a superior alternative to the Dynamic Hip Screw for unstable femoral neck fractures? A biomechanical investigation. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* [online]. 2009, vol. 24, no. 1, pp. 59–64. Retrieved z: doi:10.1016/j.clinbiomech.2008.07.004
67. HEPP, Pierre, Helmut LILL, Hermann BAIL, Jan KORNER, Manuel NIEDERHAGEN, Norbert P HAAS, Christoph JOSTEN and Georg N DUDA. Where should implants be anchored in the humeral head? *Clinical Orthopaedics and Related Research®* [online]. 2003, vol. 415, no. 415, pp. 139–147. Retrieved z: doi:10.1097/01.blo.0000092968.12414.a8
68. LILL, H, P HEPP, W GOWIN, J W OESTMANN, J KORNER, N P HAAS, C JOSTEN and G N DUDA. [Age- and gender-related distribution of bone mineral density and mechanical properties of the proximal humerus]. *RöFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* [online]. 2002, vol. 174, no. 12, pp. 1544–1550. Retrieved z: doi:10.1055/s-2002-35944
69. OCKERT, Ben, Volker BRAUNSTEIN, Chlodwig KIRCHHOFF, Markus KÖRNER, Sonja KIRCHHOFF, Katharina KEHR, Wolf MUTSCHLER and Peter BIBERTHALER. Monoaxial versus polyaxial screw insertion in angular stable plate fixation of proximal humeral fractures: radiographic analysis of a prospective randomized study. *The Journal of trauma* [online]. 2010, vol. 69, no. 6, pp. 1545–1551. Retrieved z: doi:10.1097/TA.0b013e3181c9b8a7
70. GARDNER, Michael J, Sreevathsa BORAIAH, David L HELFET and Dean G LORICH. The anterolateral acromial approach for fractures of the proximal humerus. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2008, vol. 22, no. 2, pp. 132–137. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e3181589f8c

71. GRADL, G, A DIETZE, M KÄÄB, W HOPFENMÜLLER and T MITTLMEIER. Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? *Clinical Orthopaedics and Related Research®* [online]. 2009, vol. 467, no. 11, pp. 2986–2993. Retrieved z: doi:10.1007/s11999-009-0916-5
72. GREINER, S, M J KÄÄB, N P HAAS and H J BAIL. Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. *Injury* [online]. 2009, vol. 40, no. 2, pp. 186–191. Retrieved z: doi:10.1016/j.injury.2008.05.030
73. RÖDERER, Götz, Johannes ERHARDT, Markus KUSTER, Paul VEGT, Christian BAHRS, Lothar KINZL and Florian GEBHARD. Second generation locked plating of proximal humerus fractures—A prospective multicentre observational study. *International Orthopaedics* [online]. 2010, vol. 35, no. 3, pp. 425–432. Retrieved z: doi:10.1007/s00264-010-1015-7
74. ZHU, Yiming, Yi LU, Jiewei SHEN, Jin ZHANG and Chunyan JIANG. Locking intramedullary nails and locking plates in the treatment of two-part proximal humeral surgical neck fractures: a prospective randomized trial with a minimum of three years of follow-up. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)* [online]. 2011, vol. 93, no. 2, pp. 159–168. Retrieved z: doi:10.2106/JBJS.J.00155
75. KRAPPINGER, Dietmar, Nicola BIZZOTTO, Stephan RIEDMANN, Christian KAMMERLANDER, Clemens HENGG and Franz Sebastian KRALINGER. Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury* [online]. 2011, vol. 42, no. 11, pp. 1283–1288. Retrieved z: doi:10.1016/j.injury.2011.01.017
76. MICIC, Ivan D, Kyung-Chun KIM, Dong-Ju SHIN, Sang-Jin SHIN, Poong-Taek KIM, Il-Hyung PARK and In-Ho JEON. Analysis of early failure of the locking compression plate in osteoporotic proximal humerus fractures. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association* [online]. 2009, vol. 14, no. 5, pp. 596–601. Retrieved z: doi:10.1007/s00776-009-1382-3
77. FJALESTAD, Tore, Margrethe Ø HOLE, Judith BLÜCHER, Inger Anette H HOVDEN, Morten G STIRIS and Knut STRØMSØE. Rotator cuff tears in proximal humeral fractures: an MRI cohort study in 76 patients. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [online]. 2010, vol. 130, no. 5, pp. 575–581. Retrieved z: doi:10.1007/s00402-009-0953-2
78. GIERER, Philip, Martin SCHOLZ, Markus BECK, Klaus D SCHASER, Brigitte VOLLMAR, Thomas MITTLMEIER and Georg GRADL. Microcirculatory sequelae of the rotator cuff after antegrade nailing in proximal humerus fracture. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [online]. 2010, vol. 130, no. 5, pp. 687–691. Retrieved z: doi:10.1007/s00402-009-0956-z
79. YÜKSEL, Halil Yalçın, Serdar YIMAZ, Ertuğrul AKŞAHİN, Levent CELEBI, Hasan Hilmi MURATLI and Ali BIÇIMOĞLU. The results of nonoperative treatment for three- and four-part fractures of the proximal humerus in low-

- demand patients. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2011, vol. 25, no. 10, pp. 588–595. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e318210ea56
80. GAHEER, Rajinder Singh and Amanda HAWKINS. Fixation of 3- and 4-part proximal humerus fractures using the PHILOS plate: mid-term results. *Orthopedics* [online]. 2010, vol. 33, no. 9, p. 671. Retrieved z: doi:10.3928/01477447-20100722-11
81. MATHEWS, Jochen and Philipp LOBENHOFFER. The Targon® PH Nail as an Internal Fixator for Unstable Fractures of the Proximal Humerus. *Operative Orthopädie und Traumatologie* [online]. 2007, vol. 19, no. 3, pp. 255–275. Retrieved z: doi:10.1007/s00064-007-1205-7
82. GERBER, C, C M L WERNER and P VIENNE. Internal fixation of complex fractures of the proximal humerus. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* [online]. 2004, vol. 86, no. 6, pp. 848–855. Retrieved z: doi:10.1302/0301-620X.86B6
83. STEDTFELD, H-W, W ATTMANSPACHER, K THALER and B FROSCH. [Fixation of humeral head fractures with antegrade intramedullary nailing]. *Zentralblatt für Chirurgie* [online]. 2003, vol. 128, no. 1, pp. 6–11. Retrieved z: doi:10.1055/s-2003-37364
84. WILD, Jason R, Ariana DEMERS, Robert FRENCH, Melanie R SHIPPS, Patrick F BERGIN, Dana MUSAPATIKA and Bradley A JELEN. Functional outcomes for surgically treated 3- and 4-part proximal humerus fractures. *Orthopedics* [online]. 2011, vol. 34, no. 10, pp. e629–33. Retrieved z: doi:10.3928/01477447-20110826-14
85. SOLBERG, Brian D, Charles N MOON, Dennis P FRANCO and Guy D PAIEMENT. Locked plating of 3- and 4-part proximal humerus fractures in older patients: the effect of initial fracture pattern on outcome. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2009, vol. 23, no. 2, pp. 113–119. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e31819344bf
86. SPROSS, Christian, Andreas PLATZ, Kaspar RUFIBACH, Thomas LATTMANN, Jens FORBERGER and Michael DIETRICH. The PHILOS plate for proximal humeral fractures--risk factors for complications at one year. *The journal of trauma and acute care surgery* [online]. 2012, vol. 72, no. 3, pp. 783–792. Retrieved z: doi:10.1097/TA.0b013e31822c1b5b
87. KUHLMANN, T, T HOFMANN, O SEIBERT, G GUNDLACH, K SCHMIDT-HORLOHÉ and R HOFFMANN. [Operative treatment of proximal humeral four-part fractures in elderly patients: comparison of two angular-stable implant systems]. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* [online]. 2012, vol. 150, no. 2, pp. 149–155. Retrieved z: doi:10.1055/s-0031-1280365
88. BJÖRKENHEIM, Jan-Magnus, Jarkko PAJARINEN and Vesa SAVOLAINEN. Internal fixation of proximal humeral fractures with a locking compression plate A retrospective evaluation of 72 patients followed for a minimum of 1 year. *Acta Orthopaedica* [online]. 2004, vol. 75, no. 6, pp. 741–745. Retrieved z:

doi:10.1080/00016470410004120

89. HENTE, R, J KAMPSHOFF, B KINNER, B FÜCHTMEIER and M NERLICH. [Treatment of dislocated 3- and 4-part fractures of the proximal humerus with an angle-stabilizing fixation plate]. *Der Unfallchirurg* [online]. 2004, vol. 107, no. 9, pp. 769–782. Retrieved z: doi:10.1007/s00113-004-0818-7
90. FRANGEN, T M, M DUDDA, D MARTIN, S ARENS, S GREIF, G MUHR and T KÄLICHE. [Proximal humeral fractures with angle-stable plate osteosynthesis-is everything better now?]. *Zentralblatt für Chirurgie* [online]. 2007, vol. 132, no. 1, pp. 60–69. Retrieved z: doi:10.1055/s-2006-958639
91. FRANGEN, Thomas Manfred, Ernst Josef MÜLLER, Marcel DUDDA, Stephan ARENS, Gert MUHR and Thomas KÄLICHE. Proximal humeral fractures in geriatric patients. Is the angle-stable plate osteosynthesis really a breakthrough? *Acta orthopaedica Belgica*. 2007, vol. 73, no. 5, pp. 571–579.
92. GERBER, C, O HERSCHE and C BERBERAT. The clinical relevance of posttraumatic avascular necrosis of the humeral head. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.]*. 1998, vol. 7, no. 6, pp. 586–590.
93. SOLBERG, Brian D, Charles N MOON, Dennis P FRANCO and Guy D PAIEMENT. Locked plating of 3- and 4-part proximal humerus fractures in older patients: the effect of initial fracture pattern on outcome. *Journal of orthopaedic trauma* [online]. 2009, vol. 23, no. 2, pp. 113–119. Retrieved z: doi:10.1097/BOT.0b013e31819344bf
94. KRALINGER, F, A IRENBERGER, C LECHNER, M WAMBACHER, K GOLSER and G SPERNER. [Comparison of open versus percutaneous treatment for humeral head fracture]. *Der Unfallchirurg* [online]. 2006, vol. 109, no. 5, pp. 406–410. Retrieved z: doi:10.1007/s00113-005-1053-6
95. THOMAZEAU, H, J RICHOU, T BENKALFALTE, G KERHOUSSE, D LENEN and D VEILLARD. Is it worth fixing proximal humeral fractures at increased vascular risk? *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR* [online]. 2012, vol. 98, no. 4, pp. 383–389. Retrieved z: doi:10.1016/j.otsr.2012.01.008
96. DEFRANCO, Michael J, John J BREMS, Gerald R WILLIAMS and Joseph P IANNOTTI. Evaluation and management of valgus impacted four-part proximal humerus fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2006, vol. 442, pp. 109–114.