

Třídimenzionální anatomie proximálního humeru a úponů rotátorové manžety a její uplatnění při aloplastice ramenního kloubu

Three-Dimensional Geometry of the Proximal Humerus and Rotator Cuff Attachment and Its Utilization in Shoulder Arthroplasty

R. HROMÁDKA¹, D. POKORNÝ¹, S. POPELKA², D. JAHODA¹, A. SOSNA¹

¹ I. ortopedická klinika 1. LF UK a FN Motol, Praha

² Anatomický ústav 1. LF UK, Praha

Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru MZO 00064203-6604.

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study was to provide a method of measurement and data collection, based on morphologic analysis of the proximal humerus, that would facilitate precise placement of the humeral stem and would be easy to apply in clinical medicine in patients requiring shoulder arthroplasty.

MATERIAL

Three groups of materials were used. Materials for the first and second groups were provided by the Department of Anatomy, First Faculty of Medicine, Charles University. The first group included 10 specimens (five left and five right humeral bones) obtained at routine anatomical dissection. The second group contained 110 so-called dry preparations from the collections of the Department of Anatomy and the third group comprised nuclear magnetic resonance (NMR) scans of 20 patients. To show spatial relationships between the proximal and the distal humerus, another coil was applied to the epicondylar region in addition to the one placed over the proximal humerus.

METHODS

The first group material was used to study proximal humerus morphology and to determine reference points for the other two groups. The points were constructed to make seven planes perpendicular to the axis of the proximal humeral metaphysis. Based on the reference points, parameters of the proximal humerus were assessed in the defined planes also in the other two groups. We measured angles between the reference points and the transepicondylar line or the humeral head axis. The vertex of each angle was always placed in the point of intersection of the metaphyseal axis and the given transverse plane. Reference points of the greater tubercle were marked on the medial margin continuous with the intertubercular groove, on the lateral margin of the lesser tubercle and in the "deepest" place of the intertubercular groove. We also measured humeral head retroversion and the position of maximal bony mass of both the greater and the lesser tubercle (this parameter can be used with advantage for optimal insertion of screws in proximal humerus reconstruction).

RESULTS

The angle between the medial margin of the greater tubercle and the humeral head axis was on average 164.8° on the left side and 163.2° on the right side; the angle between the great tubercle margin and the transepicondylar line was 137.0° on the left humerus and 137.7° on the right humerus. The lateral margin of the lesser tubercle and the humeral head axis formed on average an angle of 124.4° and of 122.6° on the right and the left side, respectively. The intertubercular groove/humeral head axis relationship was 143.4° and 144.8° for the left and the right humerus, respectively, and the intertubercular groove/transepicondylar line angle was 115.6° for the left and 119.5° for the right humerus. The humeral head axis and the transepicondylar line made an angle of 27.8° for the left and 25.3° for the right humerus. These values corresponded to the angle of the humeral head retroversion. The reference point of maximal bony mass of the greater tubercle and the humeral head axis made an angle of 181.1° and of 180.2° for the left and the right humerus, respectively; between this point and the lesser tubercle was an angle of 120.2° for the left and 126.9° for the right humerus.

DISCUSSION

One of the most important parameters in restoring shoulder function by alloplasty is humeral head retroversion. If this is not correct, ventral or, less frequently, dorsal instability of the shoulder may result. The correct setting of retroversion is guided by the transepicondylar line or several specific landmarks on the greater and the lesser tubercle of the humerus. Another important factor is the correct reconstruction of anatomic position of the greater and the lesser tubercle in relation to the insertion of rotator cuff muscles into the humeral head. Relationships of diaphyseal, metaphyseal and humeral head axes have been reported in the relevant literature dealing with proximal femoral morphology. None of the reports, however, has dealt with tubercular angles and position of the maximal body mass, which is a decisive factor for insertion of screws fixing the prosthetic stem.

CONCLUSIONS

The values provided here can be used for a more precise construction of implants for shoulder replacement. The method of three-dimensional presentation of the proximal humerus may aid in a more exact implantation procedure during shoulder arthroplasty. An optimal position of the implant can also be based on parameters obtained from the healthy contralateral shoulder joint.

Key words: rotator cuff, humeral alloplasty, greater tubercle, lesser tubercle, proximal humerus.

ÚVOD

Prostorové charakteristice horního konce pažní kosti je v anatomické literatuře věnována relativně malá pozornost. Proto především na podnět klinických ortopedů, zabývajících se náhradou ramenního kloubu, vzniklo v posledních 10 letech několik prací, popisujících tvar proximálního humeru (1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11).

Boileau a Walch v roce 1997 (1) publikovali první obsáhlý rozbor základních parametrů geometrie vnějšího povrchu horního konce humeru na 65 suchých kostních preparátech. Tvarová charakteristika pažních kostí byla zjednodušena a na základě jednoduchých prostorových útvarů digitálně zpracována. Díky digitálnímu zpracování bylo definováno několik geometrických parametrů, které byly pak proměřeny. Cílem bylo definovat v 3D prostoru tvar proximálního humeru s ohledem na jeho respektování při následné implantaci endoprotézy.

Na uvedenou práci navázali Robertson, Yuan a spol. (11). Poukázali na fakt, že při implantaci endoprotézy je rozhodující především tvar dřevné dutiny a nikoliv vnějšího pláště kosti. Proto použili při charakterizaci kostní architektury humeru CT data se softwarovou 3D rekonstrukcí. Měření se uskutečnilo na suchých kostních preparátech. Sledována byla retroverze hlavice, inklinace hlavice, poloměr a výška hlavice, mediální a dorzální ofset, dále poloha sulcus intertubercularis a vzdálenost baze velkého hrbolu od mediální kontury hlavice v přesně sagitální rovině. Současně byl charakterizován tvar dřevné dutiny proximální poloviny humeru.

Cílem naší experimentální práce bylo:

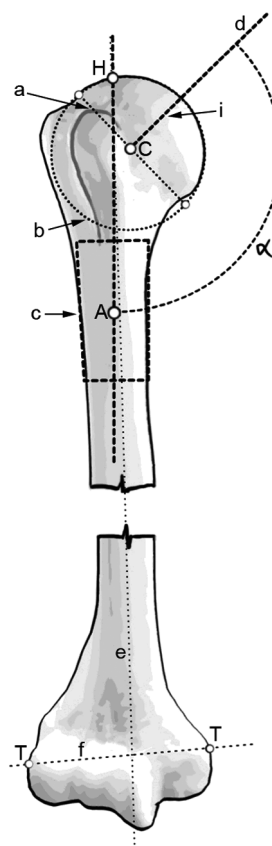
- vytvoření metodiky měření a získávání digitálních dat o prostorové konfiguraci proximálního humeru, která by byla snadno použitelná i v klinické praxi u pacientů;
- přesnost této metody ověřit přímým měřením na kostních preparátech;
- ze získaných dat od pacientů pomocí počítačového zpracování vytvořit virtuální 3D model humeru;
- na podkladě získaných údajů vypracovat doporučení k zdokonalení konstrukce implantátů pro náhradu ramenního kloubu v různých indikacích, zvláště v indikacích traumatických.

PROSTOROVÉ VZTAHY DIAFÝZY, METAFÝZY, HLAVICE PAŽNÍ KOSTI, VELKÉHO A MALÉHO HRBOLU

Při studiu geometrie proximálního humeru jsme vycházeli z definovaných parametrů, které jsou v literatuře obecně uváděny.

Určeny jsou tedy následující parametry (obr. 1, 2):

1. **Rovina anatomického krčku** je definována jako rovina, proložená bází kloubní plochy (a);
2. **Epifyzární koule** je koule (b), odpovídající kloubnímu povrchu s definovaným centrem (C);
3. **Metafyzární válec** je pomyslný válec (c), který je pro možnost studia tvaru proložen oblastí proximál-

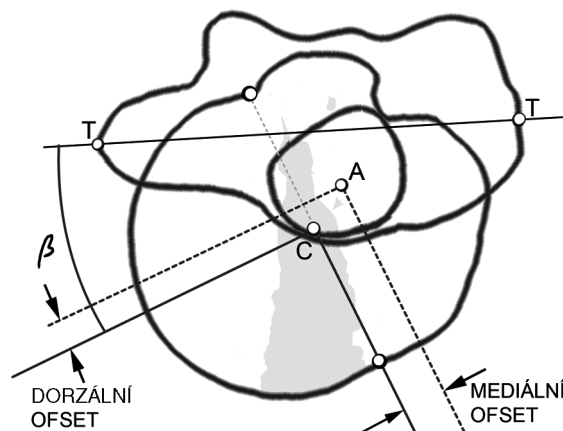


Obr. 1. Pohled na pažní kost zepředu

- ní metafýzy humeru s geometricky definovaným středem (A) a podélnou osou;
4. **Osa hlavice humeru** je osa (d) epifyzární koule kolmá na rovinu anatomického krčku a procházející vrcholem kloubní plochy;
 5. **Diafyzární osa** je osa vlastní diafýzy pažní kosti (e);
 6. **Transepikondylární osa** je přímka spojující hroty epikondylů (T-T);
 7. **Průměr zakřivení kloubního povrchu hlavice;**
 8. „**Hindge point**“ bod (H), průsečík mezi osou metafyzárního válce a povrchem hlavice;
 9. **Výška kloubního povrchu (i)**
 10. **Úhel inklinace α** je úhel mezi osou metafyzárního válce a osou hlavice;
 11. **Úhel retroverze β** je úhel mezi osou hlavice a transepikondylární čarou;
 12. **Mediální offset** je vzdálenost mezi body A-C v rovině frontální;
 13. **Dorzální offset** je vzdálenost mezi body A-C v rovině sagitální.

MATERIÁL A METODA

V naší studii jsme vycházeli ze tří skupin preparátů. Pro studium prostorové architektury horního konce pažní kosti jsme si nejdříve potřebovali detailně objasnit morfologii. Měření byla provedena na preparátech Anatomického ústavu 1. LF UK. Pro první skupinu jsme použili deset preparátů (vždy obě pažní kosti z 5 těl), které jsme získali při anatomické pitvě. Tyto byly zbaveny veškerých měkkých tkání v oblasti proximálního humeru, kromě krátkých úponů svalů, které byly posléze použity k upřesnění úponu při měření. Chrupavka hlavice byla rovněž ponechána. Pažní kosti byly poté upnuty do ocelového rámu, který byl speciálně vyroben pro naši studii. Osa proximální metafýzy byla paralelní s dlouhou osou rámu a transepikondylární linie paralelní s rovinou stolu. V několika případech byla transepikondylární linie distálního humeru ožřejmena zavrtáním Kirschnerova drátu přes epikondyly. Drát byl následně



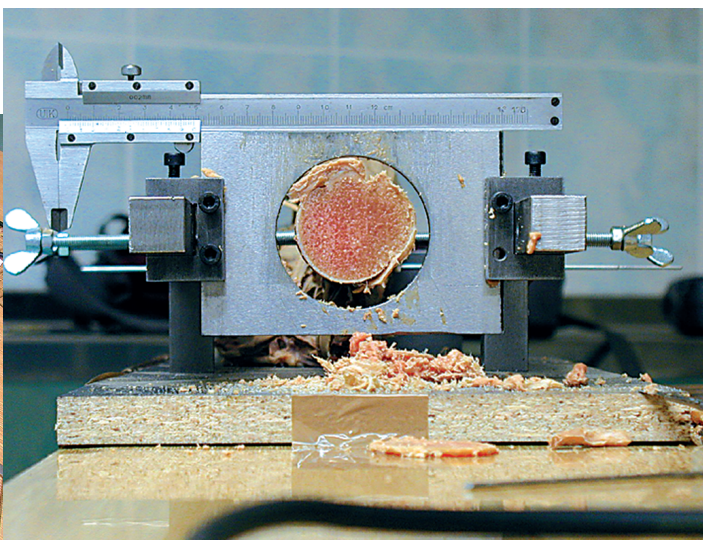
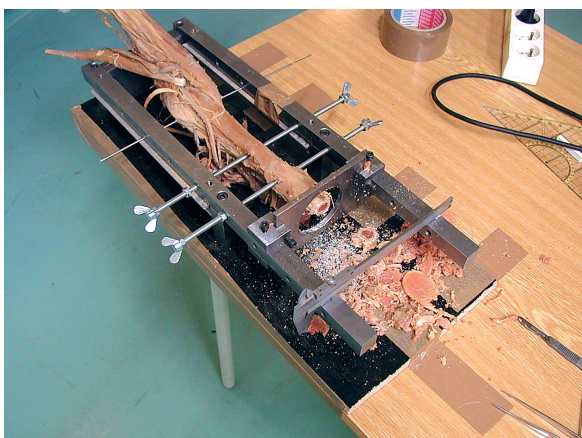
Obr. 2. Pohled na pažní kost shora v ose metafýzy

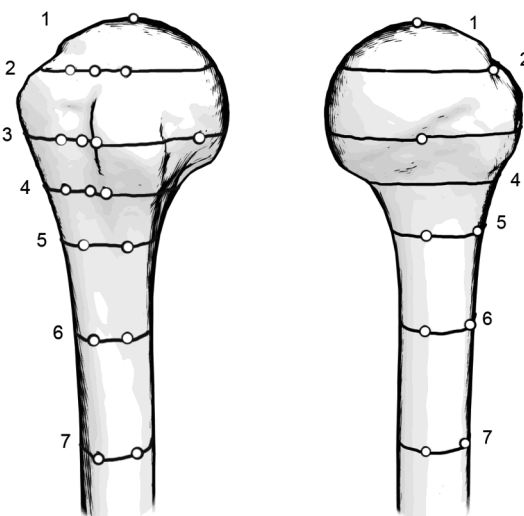
upnut do rámu. Digitální fotoaparát byl instalován ve vzdálenosti 3000 mm, tj. vzdálenosti, která minimalizuje vadu čočky objektivu a umožňuje zhotovení snímku, kde 1 pixel = 0,2 mm. Poté byla provedena kalibrace soustavy pomocí měřítka. První snímek byl pořízen při pohledu na vrchlík hlavice. Dále byla pažní kost rozřezána oscilační pilou na plátky po 3 mm, provedeno postupné fotografování a kalibrace každého snímku pomocí měřítka (obr. 3a, b). Fotografie byly ukládány v blocích po sobě jdoucích snímků a digitálně vyhodnocovány.

Tímto způsobem jsme detailně zobrazili morfologii proximálního humeru a stanovili jsme si referenční body pro určování parametrů, které byly zmíněny v úvodu. Tyto body byly uspořádány do 7 rovin (obr. 4).

- Rovina 1 procházela vrchlíkem hlavice, na rovině byl zvolen jediný bod.
- Rovina 2 protíná pažní kost v místě, kde prochází velkým hrbolem a proximální hlavicí a neprochází masou malého hrbolu. Byly označeny okraje kloubního povrchu hlavice ventrálně a dorzálně, mediální okraj velkého hrbolu a „nejhlubší“ místo sulcus intertubercularis.

Obr. 3a, b. Pohled na resekované pažní kosti v první skupině





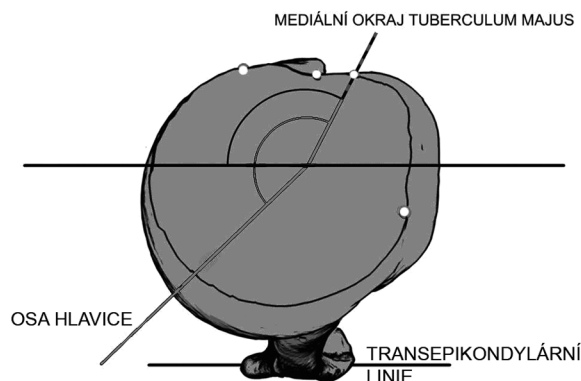
Obr. 4. Schéma znázorňující roviny řezů a na nich hodnotěných bodů při pohledu zepředu (vlevo) a zezadu (vpravo)

- Rovina 3 protíná pažní kost v úrovni hrbolů a hlavice. Byly označeny okraje hlavice ventrálně a dorzálně, mediální okraj velkého hrbolu, laterální okraj malého hrbolu a sulcus intertubercularis.
- Rovina 4 protíná oba hrboly a prochází distálně pod hlavicí humeru. Byl označen mediální okraj velkého hrbolu, laterální okraj malého hrbolu a sulcus intertubercularis.
- Rovina 5 je definovaná chirurgickým krčkem. Body byly zvoleny na kompaktě pažní kosti, a to v těchto místech: crista tuberculi minoris, protilehlá kortikalis, crista tuberculi majoris a protilehlá kortikalis.
- Rovina 6 je uprostřed mezi pátou a sedmou rovinou, přičemž byly zvoleny stejné body jako u páté roviny, tj. crista tuberculi minoris, protilehlá kortikalis, crista tuberculi majoris a protilehlá kortikalis.
- Rovina 7 protíná pažní kost v místě proximálního začátku tuberositas deltoidea, kde byla možná identifikace crista tubercularis majoris a v ní byly zvoleny čtyři body po obvodu kompakty.

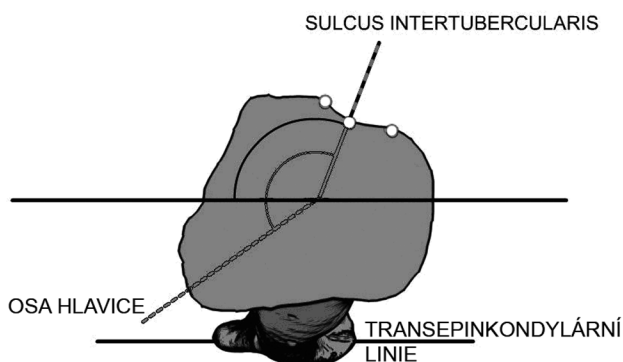
Měření a následné vyhodnocování probíhalo podle označených bodů v jednotlivých rovinách. Určené body v páté až sedmé rovině sloužily k vytvoření osy proximální metafýzy pažní kosti, tj. osy, ve které je zaváděn dílek endoprotézy. Body v první až čtvrté rovině sloužily k popisu morfologických útvarů proximálního humeru.

Dále byly postupně v jednotlivých rovinách na proximálním humeru popsány tyto útvary:

Tuberculum majus bylo prostorově definováno jeho mediálním okrajem, tj. okrajem, který přechází v sulcus intertubercularis. Tato ostrá hrana je většinou snadno identifikovatelná na úlomku zlomeniny. Původně bylo zamýšleno hodnotit vrchol, resp. nejvíce prominující bod hrbolu. Při analýze geometrické variability tvaru hrbolu jsme však došli ke značným diferencím. Tím by měření bylo zcela zavádějící. Zmíněný mediální okraj je



Obr. 5. Schéma měření pozice mediálního okraje tuberculum majus v 2. rovině



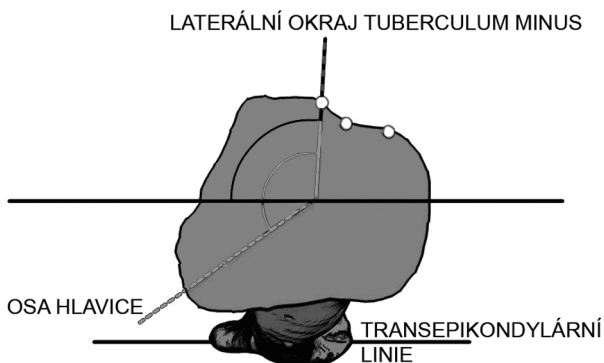
Obr. 6. Schéma měření vztahu sulcus intertubercularis ve 4. rovině (osa hlavice je zobrazena jako průměr z měření ve druhé a třetí rovině)

naopak tvarově velmi konstantní. Byly změřeny úhly, které svírá tuberculum majus s transepikondylární linií a osou hlavice (obr. 5). Vrchol tupého úhlu se nacházel v ose metafýzy pažní kosti. Na obrázku 5 jsou pro příklad vyznačeny úhly v rovině 2.

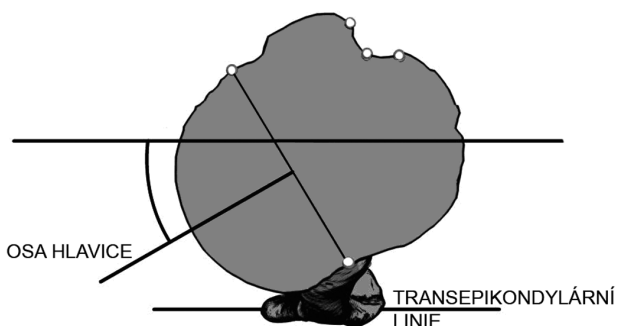
K popisu **sulcus intertubercularis** bylo zvoleno „nejhlubší“ místo, tj. místo, kde je kortikalis nejbližší k ose metafýzy. V daném místě dochází při zlomeninách často k oddělení malého a velkého hrbolu. Pokud je sulcus intertubercularis zachován, lze jej použít k upřesnění pozice úlomku. Rovněž jsme změřili úhly, které toto místo svírá s transepikondylární linií a osou hlavice. Na obrázku 6 jsou pro příklad vyznačeny úhly v čtvrté rovině.

Na **tuberculum minus** byl označen laterální okraj, tj. okraj, který prochází v sulcus intertubercularis. Zde platí obdobně jako u velkého hrbolu možnost tuto hranu identifikovat při zlomenině. Opět nás zajímal vztah hrany k transepikondylární linií a k ose hlavice (obr. 7).

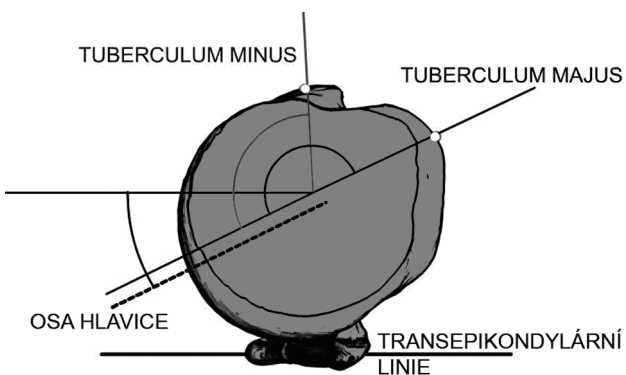
Postavení **caput humeri** v prostoru bylo definováno **osou hlavice a rovinou anatomického krčku**, která vycházela z označení bodů anatomického krčku ve 2. a 3. rovině. V obou rovinách byla vyznačená osa, kte-



Obr. 7. Schéma měření laterálního okraje tuberculum minus ve 4. rovině (osa hlavice je zobrazená jako průměr z měření ve druhé a třetí rovině)



Obr. 8. Schéma měření retroverze hlavice ve 3. rovině

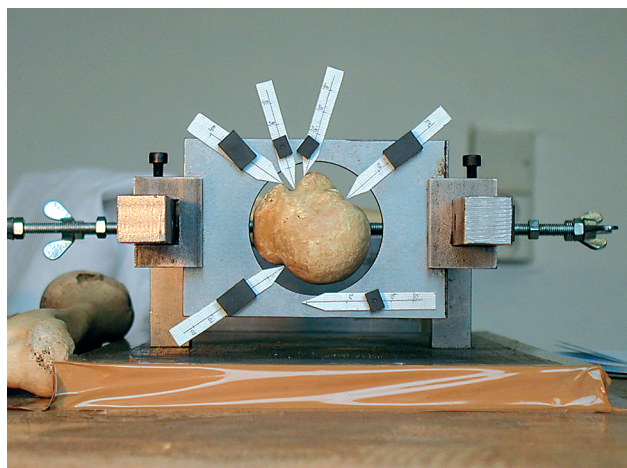


Obr. 9. Schéma měření maxima kostěné masy velkého a malého hrbolu

rá byla kolmá na spojnici označených bodů anatomického krčku a procházela vrcholem hlavice daného řezu. Retroverze hlavice byla pak definována úhlem mezi osou hlavice a transepikondylární linií (obr. 8).

Dále nás v naší studii zajímalo místo největší kostěné masy v oblasti velkého a malého hrbolu. Tyto hodnoty lze využít pro určení polohy šroubů při fixaci fragmentů hrbolů na dílek endoprotézy (obr. 9).

Naše poznatky jsme aplikovali při samotném měření u druhé a třetí skupiny. V obou metodách jsme volili



Obr. 10. Označování bodů v 2. rovině

shodné roviny a na nich shodně definované body pro dobrou reprodukci výsledků a možnost porovnání.

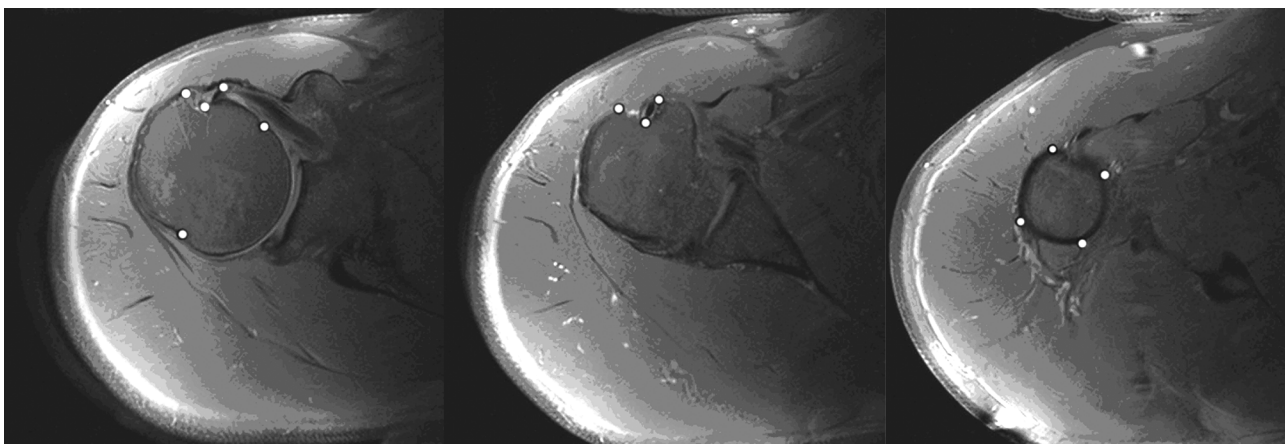
Přímé měření na kostních preparátech

Měření na kostních preparátech jsme opět prováděli v Anatomickém ústavu 1. LF UK. Celkem bylo v **druhé skupině** použito sto deset pažních kostí. Soubor preparátů se skládal z 55 levých a 55 pravých pažních kostí; jednalo se o tzv. suché preparáty. Tyto byly vybírány zcela náhodně mezi těmi, které nevykazovaly zjevné morfologické odchylky, známky degenerativních změn a měly uzavřené růstové chrupavky. Pažní kosti byly posléze upnuty do již zmíněného ocelového rámu. Osa proximální metafýzy byla paralelní s dlouhou osou rámu a transepikondylární linie byla paralelní s rovinou stolu. Postupně byly označovány body na kosti v sedmi rovinách (průřezech), kolmých na proximální metafýzu a snímány digitálním fotoaparátem (obr. 10). Digitální fotoaparát byl instalován opět ve vzdálenosti 3000 mm jako v počáteční skupině. Po kalibraci měřítkem byly pořizovány série snímků, které byly ukládány v blocích.

Digitální rekonstrukce NMR řezů vybraných pacientů

Digitální rekonstrukce NMR řezů jsme provedli u 20 pacientů (**třetí skupina**), u kterých bylo indikováno NMR vyšetření ramenního kloubu v rámci klinického vyšetření.

NMR vyšetření probíhalo na přístroji Philips (Gyrosan, Medical System Eindhoven). Pacient byl uložen na lůžko přístroje, ramenní kloub ve středním postavení, přiloženy dvě cívky přístroje, jedna v oblasti proximálního humeru druhá v oblasti epikondylů loketního kloubu. Zhotovené bloky T1 vyvážených průřezů zabíraly celou pažní kost, tj. z výsledného stacku (bloku) je možné určit rotaci pažní kosti v prostoru kolem osy Z. Bloky pak byly uchovávány pouze v digitální podobě ve formátu DICOM (obr. 11).



Obr. 11. NMR řezy jednotlivými rovinami horního konce pažní kosti s označenými body

Snímky byly upravovány pomocí programu ImageJ. Tento software jsme vybrali pro jeho nenáročnost k hardwaru a pro jeho jednoduché ovládání. Dále je možné z internetu získat velké množství pluginů pro doplnění funkcí programu, zejména zásuvný modul pro import DICOM snímků, pro zobrazování stacků DICOM formátu, pro měření úhlů a vzdáleností v rovině a zhotovení přímků v prostoru. Získané výsledky byly zpracovány programem Statistica6.

VÝSLEDKY

Výsledky měření jsou shrnuty do následujících tabulek.

Tab. 1. Levá pažní kost: postavení vzhledem k transepikondylární linii (v úhlových stupních), průměrné hodnoty (tučně) a naměřené rozmezí

	Rovina č. 2	Rovina č. 3	Rovina č. 4	Průměr
Tuberculum majus	136,6 107,2–164,6	137,1 109,2–165,1	137,3 115,1–169,9	137,0
Sulcus intertubercularis	119,4 86,7–148,5	116,2 87,7–143,1	111,1 82,0–139,3	115,6
Tuberculum minus	–	98,1 78,7–114,2	86,5 58,8–107,4	96,6

Tab. 2. Levá pažní kost: postavení vzhledem k ose hlavičky (v úhlových stupních)

	Rovina č. 2	Rovina č. 3	Rovina č. 4	Průměr
Tuberculum majus	164,4 142,9–184,5	164,9 143,8–184,3	165,1 144,1–189,0	164,8
Sulcus intertubercularis	147,2 124,8–172,7	144,0 118,6–162,2	138,9 117,2–159,0	143,4
Tuberculum minus	–	125,9 107,0–145,0	114,3 95,4–126,5	124,4

Tab. 3. Pravá pažní kost: postavení vzhledem k transepikondylární linii (v úhlových stupních)

	Rovina č. 2	Rovina č. 3	Rovina č. 4	Průměr
Tuberculum majus	139,7 120,0–168,5	135,1 44,1–166,5	138,9 120,6–169,9	137,9
Sulcus intertubercularis	124,6 101,7–152,2	119,4 96,8–147,8	114,4 98,1–139,3	119,5
Tuberculum minus	–	98,8 72,0–122,4	85,2 37,5–108,2	97,3

Tab. 4. Pravá pažní kost: postavení vzhledem k ose hlavičky (v úhlových stupních)

	Rovina č. 2	Rovina č. 3	Rovina č. 4	Průměr
Tuberculum majus	164,9 148,2–188,3	160,4 167,3–184,3	164,2 143,9–189,2	163,2
Sulcus intertubercularis	149,9 125,9–172,0	144,7 125,4–167,6	139,7 118,8–161,8	144,8
Tuberculum minus	–	124,1 107,1–145,0	110,5 62,9–136,1	122,6

Tab. 5. Retroverze hlavičky, oboustranně (v úhlových stupních)

	Rovina č. 2	Rovina č. 3	Průměr
Pravá pažní kost	24,1 5,2–55,2	26,6 9,4–53,7	25,3 7,3–54,4
Levá pažní kost	27,2 4,9–48,9	28,4 9,2–53,6	27,8 7,3–45,9

Za zcela zásadní hodnotu pro konstrukci doplňkových fixačních prvků pro fixaci fragmentů velkého a malého hrbolu považujeme vztah osy hlavičky humeru (resp. implantátu) k velkému a malému hrbolu (k místu maxima kostní hmoty).

Tab. 6. Maximum kostní hmoty velkého a malého hrbolu vzhledem k ose hlavičky (v úhlových stupních)

	Levá pažní kost	Pravá pažní kost	Průměr
Tuberculum majus	181,1 165,2–194,5	180,2 165,8–196,4	180,7
Tuberculum minus	120,2 97,1–136,2	126,9 105,2–147,8	123,6

DISKUSE

Je všeobecně známo, že výsledky náhrad ramenního kloubu při traumatické destrukci jsou podstatně horší než v indikacích osteoartrózy či revmatoidní artritidy (6, 7, 8, 12). Příčinou je problém rekonstrukce komplexně poškozené rotátorové manžety a obnovení adekvátních biomechanických poměrů svalstva ramenního kloubu.

Míra přesnosti, jakou má být rekonstruován proximální humerus při tříštivém poranění, není dosud plně objasněna.

Jedním z rozhodujících parametrů, které je třeba obnovit při aloplastice, je retroverze (3, 11). Chybné nastavení retroverze hlavice endoprotézy může vést k velmi nepříjemné komplikaci – ventrální (méně často dorzální) instabilitě operovaného ramena.

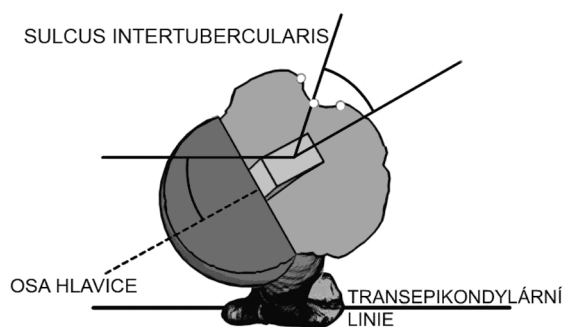
Orientaci při nastavení retroverze poskytuje transepikondylární linie. Podle autorů (2, 3, 5) se pohybuje v rozptěti od $+4^\circ$ až do -50° vzhledem k této linii. Při implantaci většinou volíme střední hodnotu, za kterou autoři považují cca 23° retroverze vzhledem k transepikondylární linii. V naší studii, ve které jsme vycházeli z měření vzhledem k ose metafýzy, se retroverze pohybovala v rozmezí $4,9^\circ$ až $54,4^\circ$ s průměrnou hodnotou $26,6^\circ$ pro obě strany.

Pokud je při zlomenině zachována a při rekonstrukci patrná oblast sulcus intertubercularis, vycházejí někteří autoři při určování retroverze hlavice z jeho pozice. V naší studii jsme měřili tupý úhel svírající „nejhlubší“ část rýhy s osou hlavice (vrchol úhlu se nachází na ose metafýzy). Kummer (5) ve své práci rovněž zjišťoval na 420 pažních kostech úhel, který svírá rýha s osou hlavice. Na rozdíl od naší studie vycházel z osy celé pažní kosti a zjišťoval vedlejší úhel. Jeho výsledky ukazují, že osa hlavice je pootočená přibližně 27° dorzálně (obr. 12). V naší práci jsme vycházeli z osy proximální metafýzy a naše hodnota je $36,6^\circ$ pro levou pažní kost a $35,2^\circ$ pro pravou pažní kost.

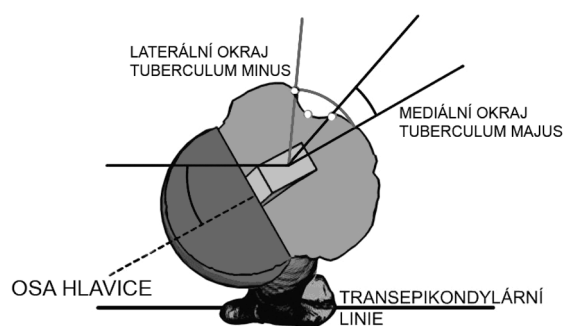
Střední část rýhy je ve svém průběhu daleko variabilnější než „ostřejší“ hrany okrajů hrbolů a z našeho pohledu je lépe určovat pozici retroverze hlavice vzhledem k mediálnímu okraji velkého hrbolu anebo podle laterálního okraje malého hrbolu. Výsledky v našem souboru preparátů vycházejí z tabulek 1 a 3 a jsou to vlastně vedlejší úhly pro průměrnou hodnotu postavení velkého a malého hrbolu vzhledem k ose hlavice. Pro malý hrbol je to $55,6^\circ$ a $57,4^\circ$ a pro velký hrbol $15,2^\circ$ a $16,8^\circ$ (obr. 13).

Doyle (2) měřil ve své studii vzdálenost laterálního okraje sulcus intertubercularis, která odpovídá našemu mediálnímu okraji velkého hrbolu, od osy hlavice u kadaverů i pacientů po implantaci endoprotézy. Jeho výsledek byl $11,8 \text{ mm}$ ($\pm 3,5 \text{ mm}$). Uvedené hodnoty lze použít pro zpřesnění natočení dřívku protézy při implantaci endoprotézy v netraumatologických indikacích náhrady ramenního kloubu, kdy si operátor může přímo změřit vzdálenost mediálního okraje velkého hrbolu a nástroje k zavádění dřívku protézy (nástroj se musí nacházet v ose hlavice).

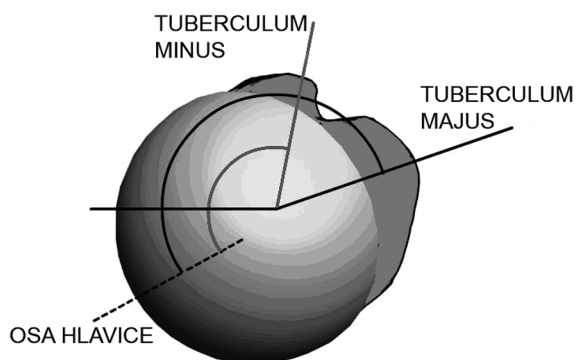
Dále nás v naší studii zajímalo nejen postavení hrbolů, ale také místo největší kostěné masy v oblasti velkého a malého hrbolu. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 6. Tyto hodnoty nám ukazují místo, kde je nejvhodnější zavádět šrouby fixující fragmenty hrbolů k dřívku endoprotézy. Definice úhlového vztahu velkého a malého hrbolu k ose dřívku endoprotézy by měla sloužit k optimalizaci polohy otvorů pro šrouby, které fixují doplňkové osteosyntetické prvky (např. drápková dlahy).



Obr. 12. Schéma zobrazující natočení dřívku protézy podle sulcus intertubercularis



Obr. 13. Schéma zobrazující natočení dřívku protézy podle okrajů velkého a malého hrbolu



Obr. 14. Schéma zobrazující maximum kostěné masy velkého a malého hrbolu

Výsledky ukazují, že osa proložená maximum kostěné masy velkého hrbolu svírá s osou hlavice v průměru úhel $180,7^\circ$. Mezi maximum kostní hmoty malého hrbolu a osou hlavice je úhel v průměru $123,6^\circ$. Kostěné masivky hrbolů svírají mezi sebou úhel v průměru $57,1^\circ$ (obr. 14).

Vypracovanou metodu digitální 3D rekonstrukce pažní kosti lze využít u rekonstrukčních výkonů traumatických stavů proximálního humeru, kdy je vhodné při rekonstrukci respektovat původní prostorové vztahy. Ty zjistíme vyšetřením prostorové anatomie na nepostižené končetině. Jak z našeho měření vyplývá, difference mezi pravou a levou končetinou u stejného pacienta v určitých parametrech je minimální (11).

ZÁVĚR

Pro studium prostorové anatomie proximálního humeru autoři vyvinuli vlastní metodiku měření vztahů požadovaných bodů na pažní kosti jednak na anatomic-kém preparátu, jednak na virtuálně vytvořeném digitálním 3D modelu, který vychází ze NMR snímků.

Uvedené hodnoty je vhodné využít k zpřesnění konstrukce implantátů pro náhradu ramena. Navíc lze metodu digitálního prostorového modelu pažní kosti využít i pro správné nastavení pozice endoprotézy ramenního kloubu v klinické praxi.

Literatura

1. BOILEAU, P., WELCH, G.: The three-dimensional geometry of the proximal humerus. Implications for surgical technique and prosthetic design. *J. Bone Jt Surg.*, 79-B: 857–65, 1997.
2. DOYLE, A. J., BURKS, R. T.: Comparison of humeral head retroversion with the humeral axis/biceps groove relationship: A study in live subjects and cadavers. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 7: 453–457, 1998.
3. HERNIGOU, P., DUPARC, F., HERNIGOU, A.: Determining humeral retroversion with computed tomography. *J. Bone Jt Surg.*, 84-A: 1753–1762, 2002.
4. JURIK, A. G., ALBRECHTSEN, J.: The Use of Computed Tomography With Two- and Three-Dimensional Reconstructions in the Diagnosis of Two- and Four-Part Fractures of the Proximal Humerus. *Clinical Radiology*, 49: 800–804, 1994.
5. KUMMER, F. J., PERKINS, R., ZUCKERMAN, J. D.: The Use of the Bicipital Groove for Alignment of the Humeral Stem in Shoulder Arthroplasty. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 7: 144–146, 1998.
6. POKORNÝ, D., SOSNA, A., JAHODA, D., PECH, J.: Rehabilitace po aloplastice ramenního kloubu. *Acta Chir. ortop. Traum. čech.*, 67: 280–290, 2000.
7. POKORNÝ, D., SOSNA, A.: Results of the treatment of complicated fractures of proximal humerus. *J. Bone Jt Surg.*, 84-B-suppl.: 127–128, 2002.
8. POKORNÝ, D., SOSNA, A., VAVŘÍK, P., JAHODA, D.: Endoprotéza ramenního kloubu v traumatických indikacích – dlouhodobé výsledky. *Acta Chir. ortop. Traum. čech.*, 71: 272–276, 2004.
9. PEARL, M. L., KURUTZ, S.: Geometric analysis of commonly used prosthetic systems for proximal humeral replacement. *J. Bone Jt Surg.*, 81-A: 660–671, 1999.
10. ROBERTS, S. N. J., FOLEY, A. P. J., SWALLOW, H. M., WALLACE, W. A., COUGHLAN, D. P.: The geometry of the humeral head and design of prostheses. *J. Bone Jt Surg.*, 73-B: 647–650, 1991.
11. ROBERTSON, D. D., YUAN, J., BIGILANI, L. U., FLATOW, E. L., YAMAGUCHI, K.: Three-dimensional analysis of the proximal part of the humerus: relevance to arthroplasty. *J. Bone Jt Surg.*, 82-A: 1594–602, 2000.
12. SOSNA, A., POKORNÝ, D., VAVŘÍK, P., JAHODA, D.: Endoprotéza ramenního kloubu v traumatických indikacích – operační technika. *Acta Chir. ortop. Traum. čech.*, 71: 265–271, 2004.

MUDr. Rastislav Hromádka,
I. ortopedická klinika I. LF UK a FN Motol,
V Úvalu 84,
150 00 Praha 5

Barevné snímky byly dotovány.

Práce byla přijata 29. 1. 2006.