

Komparace a statistické zhodnocení dvou metod měření „condylar twist angle“ u alopplastiky kolenního kloubu

Comparison and Statistical Evaluation of Two Methods of Condylar Twist Angle Measurement in Total Knee Arthroplasty

K. KOUDELA JR.¹, J. KOUDELOVÁ², K. KOUDELA SR.¹, S. KORMUNDA³, J. KŘEN⁴, J. POKORNÝ⁴

¹ Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN Plzeň

² Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN Plzeň

³ Ústav sociálního lékařství LF UK Plzeň

⁴ Katedra mechaniky, fakulta aplikovaných věd ZČU Plzeň

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of this prospective randomised study was to compare and statistically analyse two methods of condylar twist angle (CTA) measurement in total knee arthroplasty in order to assess their applicability in routine practice.

MATERIAL AND METHODS

The study included 238 patients with 256 sites undergoing total knee arthroplasty (TKA) in the period from January 2009 to May 2011. There were 93 men (nine with bilateral TKA) and 145 women (nine with bilateral TKA) with an average age of 69.3 years and a range of 47 to 88 years. The implants NexGen (Zimmer) and ADVANCE® Medial-Pivot Knee (Wright) were used. In each patient, CTA was measured before surgery by the radiologist on a multidetector CT SOMATOM 64 (Siemens) using the Yoshioki method. The other CTA measurement was made intra-operatively by the surgeon using our modification of the Hofmann method which involved the identification of a reference line for optimal rotational alignment of the femoral component. A STATISTICA 9.0 software package was used for statistical analysis. In addition to basic statistical data, selected data were presented in graphical forms as Box and Whisker's plots and histograms. Changes in CTA and differences between the groups were evaluated using the Wilcoxon signed-rank test. Relationships among the variables were studied using Spearman's correlation coefficient.

RESULTS

The statistical analysis showed that the pre-operative CTA value obtained from CT scans was, on the average, higher by 0.5 degrees than the value from intra-operative measurement, as assessed at the level of significance $p = 0.001$ (signed-rank test). The intra-individual variability was lower than the inter-individual one (14.4% and 30.8%, respectively). This means that both methods are suitable for CTA measurement in the knee joint replacement procedures. Spearman's correlation coefficient was 0.6, which is the value of medium strong correlation. The post-operative CTA assessed on CT scans was in the range of 0 to 2 degrees in 87.5% of the patients. Both the pre-operative and intra-operative CTA values were significantly higher in women than in men (Wilcoxon two-sample test). There was no statistical difference between the left and the right side.

DISCUSSION

Malrotation of the femoral component is one of the causes leading to patellar subluxation and pain in the front part of the knee. The post-operative CTA value should be zero. Optimal rotational alignment of the femoral component varies with each patient; in our study it was found in the range of 0 to 7 degrees on the basis of CTA values. We do not recommend 7 degrees of external rotation to be exceeded because of the risk associated with balancing the flexion gaps; nor do we recommend to set internal rotation of the femoral component for the risk of patellar complications. The difference of 0.5 degree found in the CTA value between the two measuring methods can be explained by individual differences in the anatomy of the medial epicondylar region, and by the use of only selected whole numbers (0, 3, 5, 7) in intra-operative measurements. This difference does not play any role in routine surgical procedures.

CONCLUSIONS

The statistical evaluation of the results of CTA measurement with the two methods showed that both were equally suitable for routine total knee arthroplasty. The results of intra-operative CTA measurements are comparable with those obtained on CT scans; in addition, the intra-operative method is less expensive and eliminates exposure of the patient to radiation. CT-based CTA measurements are useful in the patients with chronic problems after TKA in whom femoral component malrotation needs to be either confirmed or ruled out.

Key words: total knee replacement, rotational alignment of the femoral component, condylar twist angle, computer tomography, intra-operative measurement.

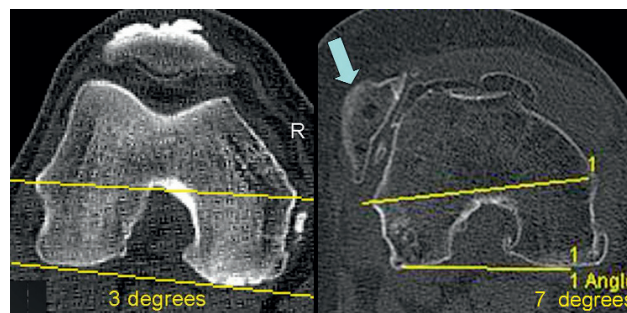
ÚVOD

Zjištění hodnoty „condylar twist angle“ (CTA) má význam pro individuální nastavení rotace femorální komponenty u aloplastiky kolenního kloubu, které je předpokladem pro správnou dráhu česky ve femoropatelním žlábků. Termín CTA definoval Yoshioka v r. 1987 při použití počítačové tomografie (CT) jako úhel mezi klinickou transepikondylární a zadní kondylární osou na transverzálním řezu distální metafýzy femuru (31). Transepikondylární osa spojuje nejvíce prominující hrbolky obou epikondylů femuru. Zadní kondylární osa je tangentou zadních kondylů femuru. CTA může být měřen peroperačně operátorem v průběhu aloplastiky kolenního kloubu po distální resekci femuru. Cílem práce bylo porovnat obě metody a statistickým zhodnocením obou souborů zjistit, zda jsou obě metody použitelné pro praxi.

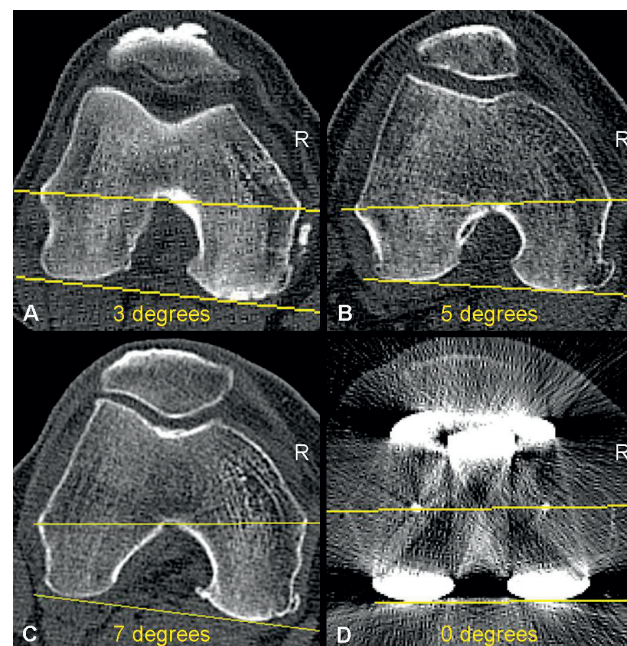
SOUBOR PACIENTŮ A METODIKA

V období 6/2007 až 6/2011 bylo provedeno na naší klinice 754 aloplastik kolenního kloubu totální endoprotézou typu NexGen a Advance Medial – Pivot Knee bez náhrady pately. U typu NexGen byly použity oba typy tibiálních komponent, a to se zachováním zadního zkříženého vazy nebo stabilizační plató u nefunkčního nebo odstraněného zadního zkříženého vazy. U typu implantátu Advance byly vždy odstraněny oba zkřížené vazy. Femorální komponenty byly standardní nebo byl použit tzv. ženský typ komponenty Advance Stature a CR-Flex Gender nebo komponenty umožňující větší flexi CR-High-Flex. Nebyly aplikovány mobilní vložky. Do prospektivní randomizované studie bylo zařazeno 238 pacientů s 256 aloplastikami kolenního kloubu v průměrném věku 69,3 roku, ve věkovém rozpětí od 47 do 88 roku, z toho bylo 93 mužů (9 bilaterálně) a 145 žen (9 bilaterálně). U pacientů, kteří byli zařazeni do studie, bylo prováděno měření CTA před operací a po operaci pomocí CT a zároveň operátorem peroperačně. Předoperační a pooperační měření bylo zhotoveno na multidetektorovém přístroji CT SOMATOM SENSATION 64 firmy Siemens. CTA byl měřen dle Yoshioka (obr. 1 a 2) (31). CT řezy kolenního kloubu byly skenovány v rozsahu nejméně 10 cm distálního femuru a 10 cm proximální části tibie. Úhel byl měřen na axiálních řezech po 1 mm v kostním okénku. Pro přesné nastavení roviny k měření CTA jsme využili třídimenzionální zobrazení (3D CT) a multiplanární rekonstrukce (MPR) v sagitální, koronální a transverzální rovině. Transverzální řezy pro měření CTA jsme upravili do roviny rovnoběžné s kondylární linií femuru. Měření CTA bylo prováděno ve třech až pěti vrstvách ve vzdálenosti 20–25 mm nad distálním okrajem kondylů femuru nebo femorální komponenty (obr. 3 A, B). V případě implantované femorální komponenty jsme měření prováděli v úrovni horního okraje čepů femorální komponenty (obr. 3 C, D). K peroperačnímu měření CTA jsme použili námi modifikovanou metodou dle Hofmanna (15). Po distální resekci na femuru jsme vypreparovali

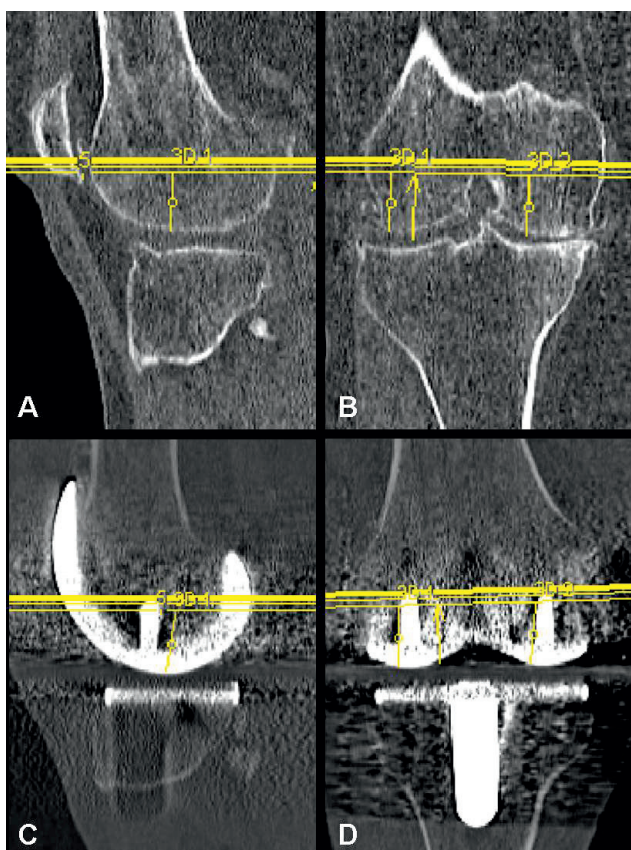
oba epikondyly, palpací jsme si ověřili jejich vrcholy a označili kauterem jejich kolmý průmět na resekované ploše distálního femuru. Poté jsme kauterem označili transsulkální osu dle Whitesida (obr. 4) (30). Přiložením krátkého raménka křížového pravoúhlého měřítka paralelně s transsulkální osou jsme hodnotili paralelitu dlouhého raménka měřítka s transepikondylární osou (obr. 5). V případě paralelity obou os jsme transepikondylární osu považovali za referenční, v opačném případě jsme znovu ověřili značky epikondylů a v případě přetrvávající diskrepance os jsme volili kompromisní řešení a jako referenční jsme stanovili linii v polovičním úhlu mezi transepikondylární osou a linií, která byla kolmá k transsulkální ose a označili ji kauterem. Následně jsme přiložili cílíc pro měření velikosti femorální komponenty a zavedli piny tak, aby jejich spojnice byla paralelní s referenční linií (obr. 6). Měli jsme možnost volby zavedení pinů do nulové, tří, pěti nebo sedmi stupňové zevní rotace. Po sejmutí cílice jsme nasadili na piny



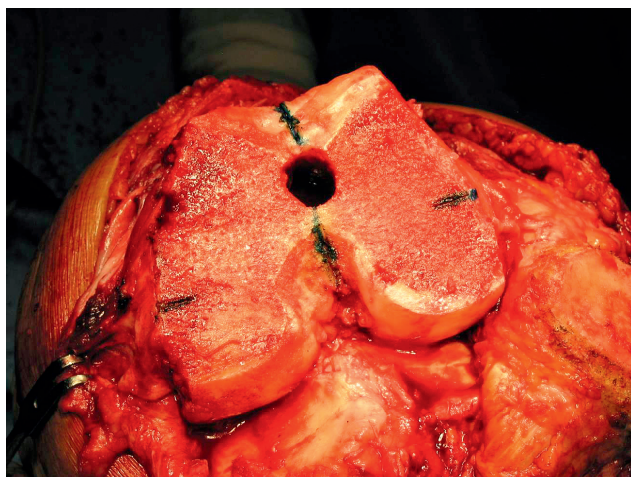
Obr. 1. CT měření dle Yoshioka před aloplastikou – transverzální řezy distální části pravého femuru. Vlevo CTA 3°, vpravo CTA 7° s laterální luxací česky (šipka).



Obr. 2. CT měření před aloplastikou A, B, C – transverzální řezy distální části femuru vpravo CTA 3°, 5° a 7° a po aloplastice D – 0°.

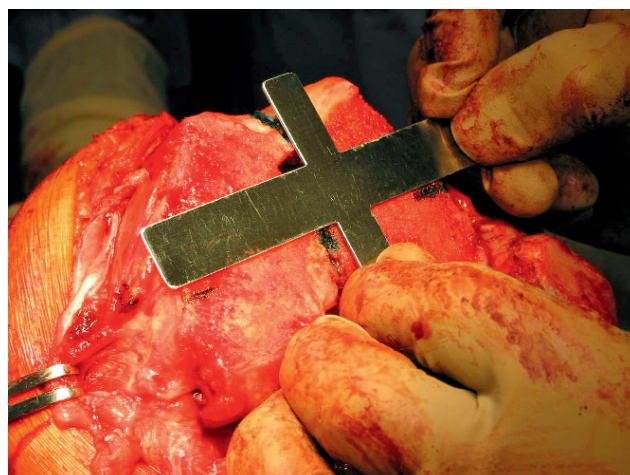


Obr. 3. CT- transverzální linie označují výši roviny pro měření CTA v sagitální (A, C) a koronální (B, D) rovině před a po aloplastice kolenního kloubu.

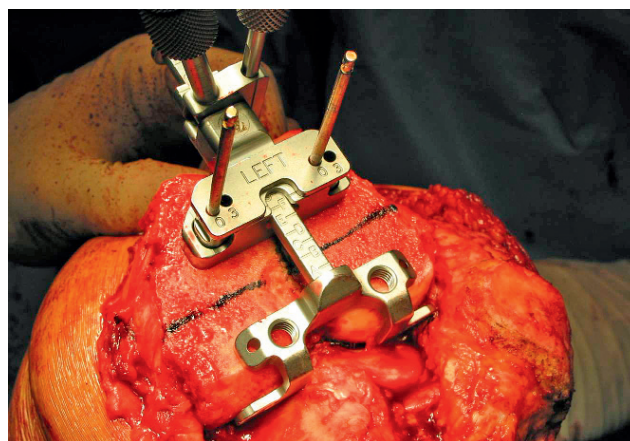


Obr. 4. Peroperační měření po distální resekci na femuru vpravo, kauterem označeny vrcholy obou epikondylů, nejhlubší část patelárního žlábků anteriorně a vrchol kondylárního zářezu.

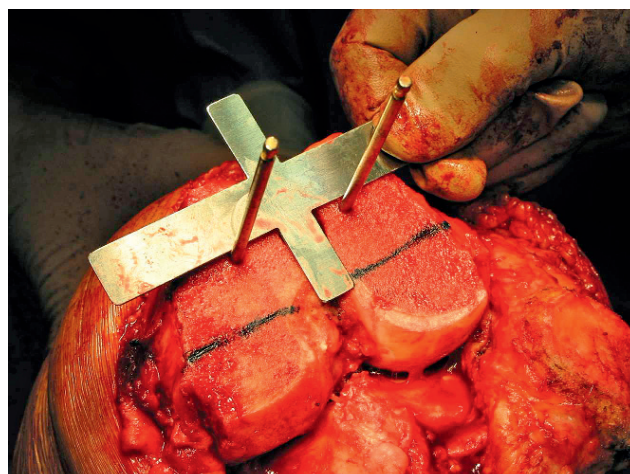
křížové měřítko a provedli kontrolu paralelity obou linií (obr. 7). V případě shody jsme na zavedené piny nasadili příslušný řezací blok a standardním způsobem resekovali distální konec femuru. Statistická analýza byla provedena s užitím software STATISTICA 9.0. Pro měřené parametry v celém souboru a v jednotlivých skupinách a podskupinách byly počítány základní statistické



Obr. 5. Přiložení krátkého raménka pravouhlého měřítka k transsulkální ose a posouzení paralelity dlouhého raménka s transepikondylární osou.

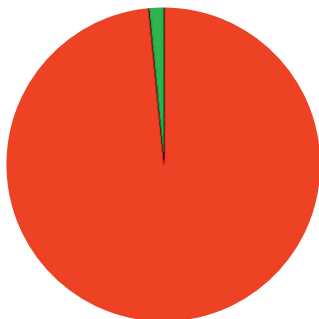


Obr. 6. Označení referenční linie a přiložení cíliče pro měření velikosti femorální komponenty, zatlučení pinů paralelně s referenční linií, v tomto případě CTA je 0°.

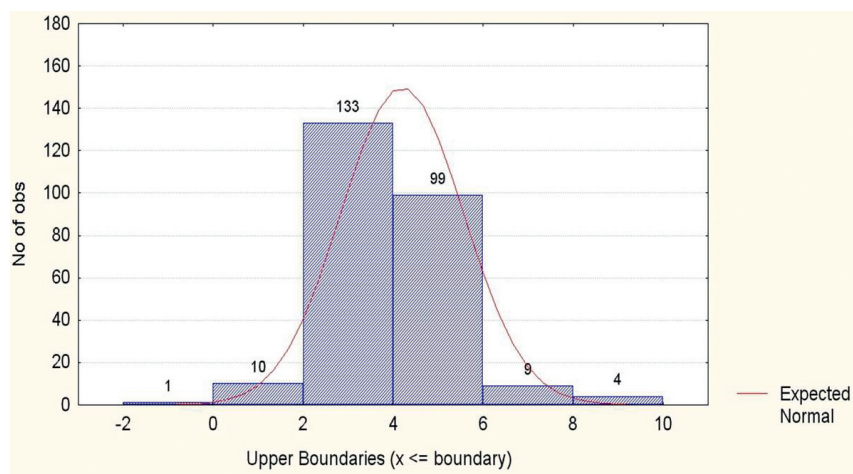


Obr. 7. Kontrola paralelity pinů s referenční linií po odstranění cíliče.

Graf 1. Ke snížení CTA došlo po operaci v 98,4 %, u 1,6 % nedošlo ke změně ve srovnání s předoperačním měřením na CT



Graf 2. Rozložení hodnot CTA před operací



ké údaje jako průměr, směrodatná odchylka, rozptyl, medián, mezikvartilové rozpětí, minimum a maximum. Vybrané statistické údaje byly též zpracovány graficky do Box and Whisker plot diagramů a histogramů. Změna úhlu byla testována pomocí párového Wilcoxon testu (Signed Rank Test). Rozdíly mezi zkoumanými skupinami byly vzhledem k distribucím těchto proměnných analyzovány pomocí dvouvýběrového Wilcoxon testu. Vztahy mezi proměnnými byly zkoumány pomocí Spearmanova korelačního koeficientu.

VÝSLEDKY

Statistická analýza prokázala, že předoperační hodnota CTA měřeného na CT je v průměru o 0,5° vyšší než u měření při operaci na hladině významnosti $p = 0,001$ (Signed Rank Test).

Intraindividuální variabilita (14,4 %) byla menší než interindividuální (30,8 %). Z toho plyne, že obě metody jsou použitelné v praxi pro měření CTA. Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu byla 0,6, což značí středně silnou korelaci. Po operaci v 98,4 % případů došlo ke snížení CTA ve srovnání s předoperačním měřením pomocí CT, u 1,6 % nedošlo ke změně hodnoty úhlu – graf 1. Průměrná pooperační hodnota CTA byla 0,8° (v rozpětí -2°; 4°). Z 256 kolenních kloubů bylo pooperační CTA v 87,5 % v intervalu (0°–2°), průměrné snížení ve srovnání s měřením na CT před operací bylo 3,4°, což je významné snížení CTA na hladině významnosti $p = 0,001$ (Signed Rank Test). Průměrný rozdíl mezi předoperační a intraoperační hodnotou CTA byl 0,5°. CTA před operací a při operaci byl významně vyšší u žen ve srovnání s muži (Wilcoxon Two Sample Test). U žen byl aritmetický průměr hodnot CTA před operací 4,37°, při operaci 3,85°, u mužů byl před operací 3,92° a při operaci 3,54°. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pravou a levou stranou. Při peroperačním měření CTA bylo zjištěno, že úhel 3° se vyskytl v 62,11 %, úhel 0° v 1,95 % a úhel větší než 3° v 35,94 %. Histogramy CTA před operací – graf 2, CTA intraoperativně – graf 3 a CTA po operaci – graf 4 zná-

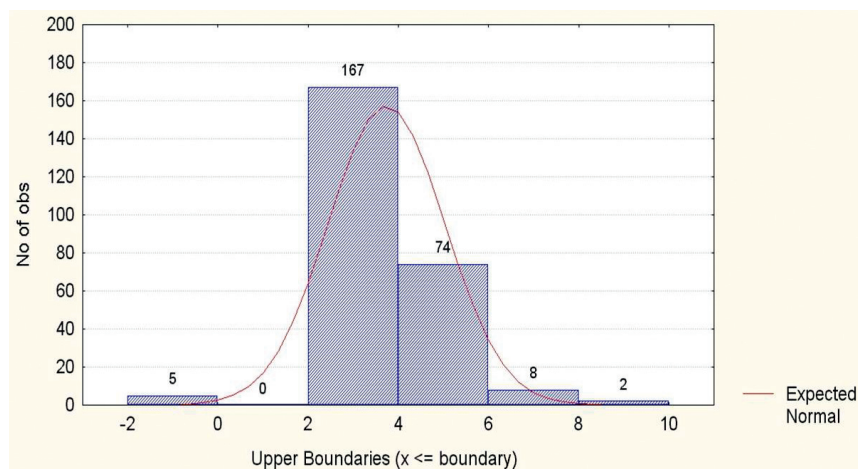
zorňují rozložení naměřených hodnot CTA. Box Plot Diagram ukazuje rozdíly v měření CTA před a při operaci ve srovnání s měřením CTA po operaci (graf 5).

DISKUSE

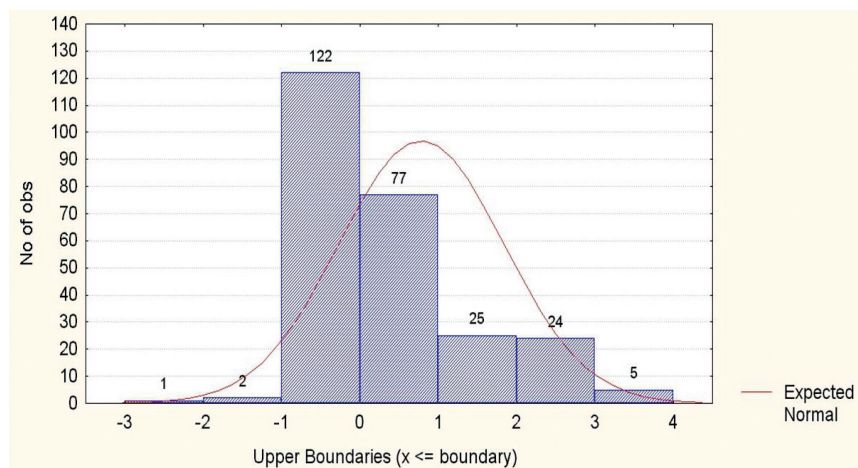
Přibližně do poloviny osmdesátých let, v některých zemích i později, se provádělo většinou tří stupňové zevněrotační nastavení femorální komponenty u aloplastiky kolenního kloubu dle zadních kondylů femuru - Whiteside (30). Docházelo tak logicky k velkému počtu komplikací týkajících se femoropatelního kloubu, které byly provázeny bolestí na přední straně kolena, v okolí česky a instabilitou projevující se bolestivým lupáním (8, 14, 15, 18, 19, 22, 29). Boldt uvádí souvislost malrotace femorální komponenty s artrofibrózou kolenního kloubu po aloplastice (7). Výskyt těchto komplikací se pohyboval v rozsahu 10–30 % (4, 6, 14, 15, 17, 25, 27). V roce 1987 definoval Yoshioka na CT tzv. condylar twist angle, podle kterého je možno nastavit optimální rotaci femorální komponenty (31). Později Griffin popsal rovněž na CT tzv. chirurgickou transepikondylární linii spojující vrchol laterálního epikondylu femuru se žlábkem v oblasti mediálního epikondylu (12). Oba úhly měly sloužit k měření CTA a stanovení optimální rotace femorální komponenty. Skutečnost, že nastavení femorální komponenty do vnitřní rotace je pro femoropatelní kloub nepříznivé, zjistil Anouchi ve své experimentální práci na kadaverech (1). Řada autorů potvrdila vyšetřením CTA na CT, že vnitřně rotační postavení vede velmi často k patelními problémům, což je ve shodě s našimi zkušenostmi (2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 30). Příčin, které vedou k poruše dráhy česky a tím k femoropatelními problémům, je celá řada. Cílem této práce nebylo zabývat se jimi komplexně. V současné době existují čtyři metody, které umožní nastavení rotace femorální komponenty.

První metoda je založena na využití transepikondylární osy, podle níž se paralelně provádí resekce na zadních kondylech femuru. U některých pacientů je obtížné identifikovat epikondyly femuru palpací, jak popsali

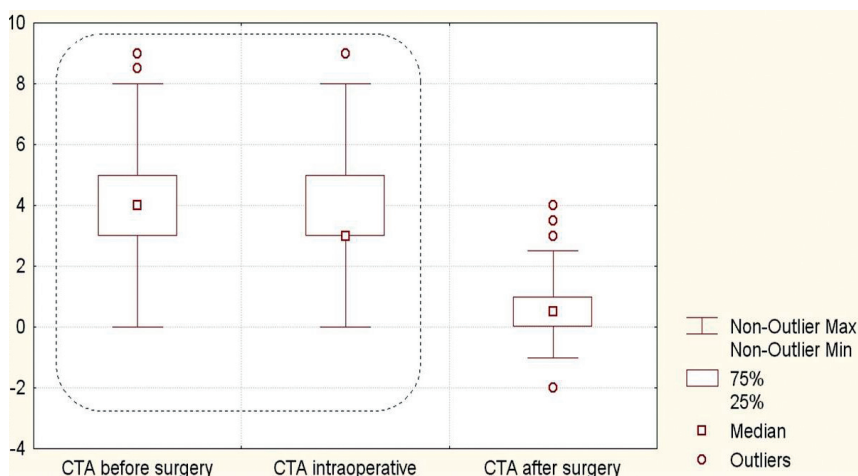
Graf 3. Rozložení hodnot CTA při operaci



Graf 4. Rozložení hodnot CTA po operaci



Graf 5. Rozdíly hodnot CTA před a při operaci ve srovnání s měřením CTA po operaci



Whiteside, Hofmann, Mantas a Arima, zvláště pak mediální epikondyl (2, 14, 15, 20, 30). Podle našeho názoru je v tomto případě nezbytná preparace měkkých tkání nad epikondyly. Jsou situace, kdy ani preparaci nelze s jistotou určit nejvíce prominující hrbolky epikondylů.

Druhá metoda se provádí dle Whiteside (30). Whiteside u valgózních kolenních kloubů používá jako referenční linii anteroposteriorní osu, tzv. transsulkální linii (30). Tato linie spojuje anteriorně nejhlubší část patelárního žlábků na femuru s vrcholem interkondylárního zářezu posteriorně. Linie se označuje kauterem po distál-

ní resekci na femuru a perpendikulární linie je referenční pro nastavení optimální rotace femorální komponenty. Whiteside a Arima zjistili, že problémy s dráhou češky byly v jejich souboru pacientů s valgozitou kolena při použití transulkální osy výrazně redukovány ve srovnání s použitím zadní kondylární linie jako referenční (30). Podle našich zkušeností v případech těžkých deformit kolenního kloubu, u poúrazových artróz, po korekčních osteotomiích a u femoropatelární dysplazie je někdy problém stanovit transulkální linii pro přítomnost osteofytů v této oblasti.

Třetí metoda, kterou preferují Scott, Insall, Scuderi a Elkus, doporučuje nastavení rotace femorální komponenty v 90stupňové flexi dle flekční šterbiny (10, 27, 28). Po resekci proximální tibie s extraartikulárním cílícem a vyvážení flekční šterbiny se nastaví optimální rotace dle horního okraje cílice na femuru. Nevýhoda této metody se projeví v případě nemožnosti symetrického vyvážení šterbin ve flexi, u příliš volného vnitřního postranního vazy, nebo při rigiditě laterálních měkkých struktur kolenního kloubu. Rovněž u extraartikulárních deformit distální části tibie (šavlovitá tibie) nebo při valgózním ohnutí distální části femuru mohou vzniknout problémy s optimálním nastavením rotace femorální komponenty a také s osovým postavením dolní končetiny nebo s nevyvážením flekčních i extenčních šterbin s následnou instabilitou.

Čtvrtá metoda využívá navigaci ke stanovení rotace femorální komponenty. Někteří autoři preferují navigaci pro její přesnost při stanovení mechanické osy a rotace femorální komponenty, zvláště u extraartikulárních deformit na femuru a tibií u poúrazových stavů, kde nelze použít klasickou instrumentaci a nebo v případě přítomnosti implantátů po osteosyntéze (8, 11, 13, 23). Počítačem asistovaná aloplastika kolenního kloubu u kadaverů dle Perth CT protokolu ve srovnání s měřením dle Whitesida byla přesnější, ale autoři prováděli nastavení rotace femorální komponenty jen u malého souboru 12 kolenních kloubů (16). Miller experimentálně prokázal na 11 kolenních kloubech kadaverů, že optimální nastavení rotace femorální komponenty snižuje nejen patelární komplikace, ale i střihové síly působící na patelu ve flexi a má pozitivní vliv na tibiofemorální kinematiku (24).

Navigace sama nevyřeší problém s vybalancováním kloubních šterbin a nenahradí zkušenosti operátora. Nesprávně zadané referenční body při navigaci mohou negativně ovlivnit výsledek operace. Použití obou linií současně – transepikondylární a anteroposteriorní jsme viděli na stáži u Hofmanna ve Stolzalpe, který pečlivě preparoval epikondyly femuru a zároveň si označil kauterem transulkální linii. V případě, že obě osy byly na sebe kolmé, bylo měření v pořádku. V opačném případě se Hofmann opět vracel k preparaci epikondylů a opravil jejich označení. My jsme obdobně jako Hofmann použili obě metody měření, ale nebylo-li dosaženo perpendikulárního postavení obou os, zvolili jsme kompromisní referenční linii, neboť primární chyba v označení se mohla týkat nejen označení epikondylů, ale také transulkální osy. Hofmann doporučuje v někte-

rých případech použít kompromis mezi metodou, která používá kostních značek a metodou měření flekčních šterbin (14, 15). Na souboru 256 aloplastik se nám podařilo prokázat, že námi používaný způsob intraoperačního měření může v praxi plně nahradit metodu měření pomocí CT. Nepatrný rozdíl 0,5° CTA, který byl statistickou analýzou mezi oběma metodami zjištěn, si vysvětlujeme ztíženou palpací mediálního epikondylu, kdy operátor označil jako referenční žlábek mezi oběma obtížně identifikovatelnými hrbolky a také proto, že jsme používali při peroperačním měření jen hodnoty vybraných celých čísel tj. 0, 3, 5 a 7.

Individuální nastavení rotace femorální komponenty aplikujeme v současné době na naší klinice u aloplastik kolenního kloubu, jsou-li k dispozici instrumentária umožňující rotaci femorální komponenty na hodnoty 0°, 3°, 5° a 7°. U valgózního kolenního kloubu s těžkou hypoplazií laterálního kondylu bývají naměřené hodnoty CTA vyšší než 7° a při nastavení větší zevní rotace by bylo obtížné vyvážit flekční šterbiny. V těchto případech nastavujeme rotaci na 7°.

Rotaci femorální komponenty by měla odpovídat také rotace tibiální komponenty. Referenční linii představuje interkondylická linie probíhající mezi kondyly tibie nebo linie spojující úpon zadního zkříženého vazy na tibií s rozhraním mediální a střední třetiny tuberozity tibie (9). Po nasazení zkušební femorální a tibiální komponenty je nezbytné vyzkoušet pohybem kolenního kloubu vzájemné korespondující rotační postavení obou komponent. V případě dorzálního sklonu na extraartikulárním cílicí pro tibií je nutné mít při resekci na zřeteli, aby střed cílice odpovídal nastavení rotace tibiální resekce na proximální tibií. Je-li střed cílice posunut mediálněji, dochází ke zvýšené resekci na tibií laterálně a tím k valgozitě, v případě jeho posunu více laterálně dochází k varozitě (28). Problémy s nastavením rotace tibiální komponenty mohou také nastat u příliš laterálně uložené tuberozity tibie. V těchto případech je nutné použít interkondylickou linii jako referenční nebo použít jako orientační linii přední hranu diafýzy tibie. V případě poruchy dráhy češky je vhodné zvážit transpozici tuberozity tibie.

ZÁVĚR

Optimální nastavení rotace femorální komponenty je individuální v závislosti na naměřené hodnotě CTA. Nedoporučujeme překročit hodnotu CTA 7° zevní rotace z důvodu problému s vyvážením flekčních šterbin a rovněž nedoporučujeme nastavit vnitřně rotační postavení femorální komponenty pro riziko patelárních komplikací. Na základě statistického zhodnocení a výsledků prospektivní randomizované studie, která se zabývala měřením CTA pomocí dvou metod, lze konstatovat, že obě metody, tj. měření CTA pomocí CT a peroperačně námi popsanou metodou, jsou srovnatelné a použitelné v praxi. Peroperační měření je ekonomicky výhodnější a odpadá riziko radiační zátěže pro pacienta. Měření pomocí CT je vhodné v případě chronických bolestí po aloplastice kolenního kloubu k potvrzení nebo vyloučení malrotace komponent.

Literatura

1. ANOUCHI, Y. S., WHITESIDE, L. A., KAISER, A. D., MILLI-ANO, M. T.: The effects of axial rotational alignment of the femoral component on knee stability and patellar tracking in total knee arthroplasty demonstrated on autopsy specimens. *Clin. Orthop.*, 287: 170–177, 1993.
2. ARIMA, J., WHITESIDE, L. A., MCCARTHY, D. S., WHITE, S. E.: Femoral rotational alignment, based on the anteroposterior axis, in total knee arthroplasty in a valgus knee. *J. Bone Jt Surg.*, 77-A: 1331–1334, 1995.
3. BARRACK, R. L., SCHRADER, T., BERTOT, A. J., WOLFE, M. W., MYERS, L.: Component rotation and anterior knee pain after total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 392: 46–55, 2001.
4. BÁTHIS, H., PERLICK, L., TINGART, M., LURING, C., ZURAKOWSKI, D., GRIFKA, J.: Alignment in total knee arthroplasty. *J. Bone Jt Surg.*, 86-B: 682–687, 2003.
5. BERGER, R. A., RUBASH, H. E., SEEL, M. J., et al.: Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis. *Clin. Orthop.*, 286: 40–47, 1993.
6. BERGER, R. A., CROSSETT, L. S., JACOBS, J. J., RUBASH, H. E.: Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin. Orthop.*, 356: 144–153, 1998.
7. BOLDT, J. G., STIEHL, J. B., HODLER, J., ZANETTI, M., MUNZINGER, U.: Femoral component rotation and artrofibrous following mobile – bearing total knee arthroplasty. *Int. Orthop.*, 30: 420–425, 2006.
8. BOTTROS, J., KLIKA, A. K., LEE, H., POLOUSKY, J., BARSOUM, K.: The use of navigation in total knee arthroplasty for patients with extra – articular deformity. *J. Arthropl.*, 23: 74–78, 2008.
9. DALURY, D. E.: Observations of the proximal tibia in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop.*, 389: 150–155, 2001.
10. ELKUS, M., RANAWAT, C. S., RASQUINHA, V. J., BABHULKAR, S., ROSSI, R., RANAWAT, A. S.: Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. *J. Bone Jt Surg.*, 86-A: 2671–2676, 2004.
11. FEHRING, T. K., MASON, J. B., MOSKAL, J., POLLOCK, D. C., MANN, J., WILLIAMS, V. J.: When computer – assisted knee replacement is the best alternative. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 452: 132–136, 2006.
12. GRIFFIN, F. M., MATH, K., SCUDERI, G. R. et al.: Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees. *J. Arthroplasty* 15: 354–358, 2000.
13. HIGUERA, C. A., KLIKA, A. K., BOTTROS, J., BARSOUM, W. K.: Navigated total knee arthroplasty as an option in cases of extra – articular deformity. *Seminars in Arthroplasty*, Elsevier Inc. 2009.
14. HOFMANN, S., ROTH – SCHIFFL, E., ALBRECHT, T., FARKAS, P., TSCHAUNER, C., GRAF, R.: Internal malrotation represents a possible failure mechanism in total knee arthroplasty. *J. Bone Jt Surg.*, 83-B: 243 (Suppl.), 2001.
15. HOFMANN, S., ROMERO, J., ROTH – SCHIFFL, E., et al.: Rotational malalignment of the components may cause chronic pain or early failure in total knee arthroplasty. *Orthopade*, 32: 469–476, 2003.
16. CHAUHAN, S. K., CLARK, G. W., LLOYD, S., SCOTT, R. G., BREIDAHL, W., SIKORSKI, J. M.: Computer – assisted total knee replacement. *J. Bone Jt Surg.*, 86-B: 818–823, 2003.
17. KEBLISH, P. A.: The lateral approach to the valgus knee. *Clin. Orthop.*, 271: 52–62, 1991.
18. KOUDELA, K. jr., KOUDELOVÁ, J., KOUDELA, K. sr., KUNEŠOVÁ, M., KŘEN, J., POKORNÝ, J.: Radiologická měření u aloplastiky kolenního kloubu a jejich význam pro praxi. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 304–311, 2010.
19. MAKOTO, H., HIROKAZU, I., TAKASHI, N.: Effect of rotational alignment on patellar tracking in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop.*, 336: 155–163, 1999.
20. MANTAS, J. P., BLOBEAUM, R. D., SKEDROS, J. G., HOFMANN, A. A.: Implications of reference axes used for rotational alignment of the femoral component in primary and revision knee arthroplasty. *J. Arthropl.*, 7: 531–535, 1992.
21. MASAO, A., YOSHITAKA, M., TOSHIHIRO, M., YOSHIYUKI, A., MAKOTO, H., HIROKAZU, I., TAKASHI, N.: Effect of rotational alignment on patellar tracking in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 366: 155–163, 1999.
22. MATSUDA, S., MIURA, H., NAGAMINE, R., URABE, K., HIRATA, G., IWAMOTO, Y.: Effect of femoral and tibial component position on patellar tracking mowing total knee arthroplasty. *Amer. J. Knee Surg.*, 14: 152–156, 2001.
23. MIELKE, R. K., CLEMENS, U., JENS, J. H., KERSHALLY, S.: Navigation in knee endoprosthesis implantation preliminary experiences and prospective comparative study with conventional implantation technique. *Z. Orthop.*, 16: 109–139, 2001.
24. MILLER, M. C., BERGER, R. A., PETRELLA, A. J., KARMAS, A., RUBASH, H. E.: Optimizing femoral component rotation in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 392: 38–45, 2001.
25. NOBUYUKI, Y., SHINRO, T., YASUO, O., YASUSUKE, H.: Computed tomography measurement of the surgical and clinical transepicondylar axis of the distal femur in osteoarthritic knees. *J. Arthropl.*, 16: 493–497, 2001.
26. RYBKA, V., VAVŘÍK, P.: Aloplastika kolenního kloubu. Praha, Arcadia 1993.
27. SCOTT, R. D.: Total knee arthroplasty. China, Saunders Elsevier 2006.
28. SCUDERI, G. J., TRIA, A. J., INSALL, J. N.: Surgical techniques in total knee arthroplasty. New York, Springer Verlag 2002.
29. VAVŘÍK, P., GATTEROVÁ, J.: Rentgenologické vyšetření nemocných s náhradou kolenního kloubu. *Cs. Radiol.*, 46: 139–147, 1992.
30. WHITESIDE, L. A., ARIMA, J.: The anteroposterior axis of femoral rotational alignment in a valgus total knee arthroplasty. *Clin. Orthop.*, 321: 168–173, 1995.
31. YOSHIOKA, Y., SIU, D., COOKE, T. D. V.: The anatomy and functional axis of the femur. *J. Bone Jt Surg.*, 69-A: 873–880, 1987.

Korespondující autor:

MUDr. Karel Koudela jr., Ph.D.
Levandulová 86
312 00 Plzeň
E-mail: k.koudela@seznam.cz