

PRESNOSŤ PREDOPERAČNÉHO PLÁNOVANIA PRI VYSOKEJ MEDIÁLNEJ VALGOTIZAČNEJ OSTEOTÓMII TÍBIE

Accuracy of preoperative planning in high medial tibial valgus osteotomy

Martin PAULO, Igor KÚDELA, Peter CIBUR, Radoslav MOROCHOVIČ

Klinika úrazovej chirurgie, UPJŠ LF a UNLP Košice, vedúci pracoviska doc. MUDr. R. Burda, PhD.

Abstrakt

Úvod: Mediokompartmentálna artróza kolenného kĺbu s varóznou uhlovou deformitou tíbie je najčastejším dôvodom korektívnej osteotómie v oblasti kolena. Klinický výsledok je podstatne závislý od predoperačného plánovania ako aj vykonania korektívnej osteotómie. Na pracovisku autorov došlo počas ostatných rokov ku zmene spôsobu predoperačného plánovania z manuálneho na semiautomatické využívajúce špecializovaný softvér, ktorý má za úlohu zjednodušiť a spresniť proces merania počas predoperačného plánovania. Cieľom štúdie bolo porovnať skupinu pacientov plánovaných manuálne (skupina manTC) so skupinou plánovaných semiautomaticky (skupina samCAD) s ohľadom na výslednú odchýlku mechanickej osi voči jej plánovanému priebehu (Δ MAD).

Súbor a metódy: Do štúdie bolo zaradených posledných 20 pacientov, u ktorých bola realizovaná vysoká mediálna valgotizačná osteotómia tíbie technikou otvoreného klinu (HTO) a plánovanie bolo realizované manuálne v počítačovom programe TomoCon (skupina manTC) v systéme PACS (angl. *picture archiving and communication system*), a 10 pacientov, u ktorých bola realizovaná HTO, a plánovanie bolo realizované semiautomaticky v programe mediCad (skupina samCAD). Na hodnotenie pooperačného výsledku boli u každého pacienta realizované dlhé záťažové snímky dolných končatín po zhojení osteotómie v stojí najskôr rok po operácii. Z týchto snímkov bola odmeraná odchýlka medzi ideálnym (plánovaným) a skutočným výsledným priebehom mechanickej osi dolnej končatiny tzv. Δ MAD.

Výsledky: Z celkového počtu 30 pacientov bola u 25 (83%) pacientov pooperačne nameraná nenulová Δ MAD. V skupine pacientov manTC bol 1 (5%) a v skupine samCAD boli 4 (40%) pacienti s nulovou Δ MAD ($p=0,03$). Priemerná Δ MAD v skupine manTC bola 12,6 (SD 8,9) mm a v skupine samCAD 6,2 (SD 6,1) mm ($p=0,05$).

Záver: Predoperačné plánovanie HTO semiautomatickým spôsobom prinieslo výrazné zníženie Δ MAD v porovnaní s manuálnym plánovaním (tab. 2, obr. 4, lit. 9). Text v PDF www.lekarsky.herba.sk.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: artróza kolenného kĺbu, predoperačné plánovanie, vysoká osteotómia tíbie.

Lek Obz 2025, 74 (5): 200-203

Abstract

Introduction: Mediocompartmental arthrosis of the knee joint with tibial varus deformity is the most common reason for corrective osteotomy in the knee. The clinical outcome is highly dependent on preoperative planning and performance of the corrective osteotomy. In the authors' department, the method of preoperative planning has been changed from manual to semi-automatic during the last few years, using specialized software to simplify and refine the whole planning process. The aim of the study was to compare a historical group of patients planned manually (manTC group) with a group planned semi-automatically (samCAD group) with respect to the resulting deviation of the mechanical axis from its planned course (Δ MAD).

Patients and Methods: Twenty patients who underwent valgus high tibial medial opening wedge osteotomy (HTO) and planning was performed manually in TomoCon software (manTC group) in PACS (picture archiving and communication system) and 10 patients who underwent HTO and planning was performed semi-automatically in mediCad (samCAD group) were enrolled in this comparative study. To assess the postoperative outcome, weight-bearing bilateral long-leg standing radiograph was performed for each patient after the osteotomy has healed, no earlier than one year after surgery. Based on the radiographs, Δ MAD between the ideal (planned) and the actual resulting mechanical axis of the lower limb was measured.

Results: Of the 30 patients, 25 (83%) patients had non-zero Δ MAD measured postoperatively. There was 1 (5%) patient in the manTC group and 4 (40%) patients in the samCAD group with zero Δ MAD deviation ($p=0,03$). The mean Δ MAD deviation in the manTC group was 12,6 (SD 8,9) mm and in the samCAD group was 6,2 (SD 6,1) mm ($p=0,05$).

Conclusion: Preoperative planning of HTO in a semi-automated way resulted in a significant reduction in Δ MAD compared to manual planning (Tab. 2, Fig. 4, Ref. 9). Text v PDF www.lekarsky.herba.sk.

KEY WORDS: knee osteoarthritis, preoperative planning, high tibial osteotomy.

Lek Obz 2025, 74 (5): 200-203

Úvod

Vysoká mediálna valgovačná osteotómia tibiae technikou otvoreného klinu (HTO) je efektívna chirurgická metóda liečby mediálnej unikompartmentovej artrózy kolenného kĺbu a predstavuje najbežnejší typ korektívnej operácie v tejto indikácii (1). Princípom liečby je korekcia mechanickej osi na postihnutej dolnej končatine. Pri správnom naplánovaní a urobení dosahuje táto technika priaznivé výsledky u mladých pacientov (2).

Pre plánovanie rozsahu korekčnej osteotómie sa používa manuálny alebo semiautomatický spôsob merania. Pri manuálnom spôsobe výpočtu potrebnej korekcie sa najčastejšie používa metóda podľa Miniaciho (3). Veľkosť korekcie sa vypočítava na záťažových ortogramoch celých dolných končatín v predozadnej projekcii s využitím softvéru, ktorý je súčasťou PACS. Pri tomto spôsobe všetky jednotlivé kroky merania a výpočtu korekcie vykonáva lekár. Pri semiautomatickom plánovaní korekcie sa používajú komerčne dostupné počítačové programy, ktoré po zadaní základných údajov do záťažových ortogramov pacienta automaticky vypočítajú potrebný rozsah korekcie (3). Existuje názor, že semiautomatické plánovanie dosahuje vyššiu výslednú presnosť, hoci niektoré štúdie tento predpoklad nepotvrdili (4). Vzhľadom na to, že na našom sa využívali oba spôsoby plánovania, cieľom štúdie bolo porovnanie dosiahnutej presnosti korekcie u pacientov, ktorí boli plánovaní manuálne a semiautomaticky.

Súbor a metódy

Do štúdie bolo zaradených 10 pacientov, u ktorých bolo realizované meranie pred HTO semiautomatickou metódou pomocou počítačového programu mediCad 2D (Altdorf/Landshut, Nemecko) (skupina samCAD) (obr. 1). Kontrolnú skupinu tvorilo 20 ostatných po sebe idúcich pacientov, u ktorých bolo meranie vykonané manuálne Miniaciho metódou s využitím softvéru TomoCon PACS (TatraMed Software s.r.o., Slovensko) (skupina manTC) (obr. 2). U všetkých pacientov bol zisťovaný vek v čase operácie, zaznamenané bolo pohlavie a mechanický laterálny distálny femorálny uhol (mLDFA).

HTO bola vykonaná rovnakým operačným postupom jedným z dvoch chirurgov, ktorí sa venujú korektívnym osteotómiám v oblasti kolenného kĺbu. U každého pacienta bol zvolený rovnaký pooperačný režim. Pooperačne nebol ani u jedného z pacientov prítomný výskyt infekčnej ani inej komplikácie, ktorý by mohol ovplyvniť kostné hojenie a prípadne stratu korekcie.

S odstupom minimálne 12 mesiacov po HTO boli pacientom realizované záťažové ortogramy dolných končatín, z ktorých bola odmeraná výsledná dosiahnutá odchýlka mechanickej osi končatiny voči plánovanej korekcii mechanickej osi končatiny (Δ MAD). Δ MAD bola odmeraná ako vzdialenosť priebehu mechanickej osi končatiny po korekcii od laterálneho hrotu interkondylickej eminencie tibiae operovaného kolena (obr. 3). Ak mechanická os dolnej končatiny po korekcii pretínala

laterálny hrot interkondylickej eminencie tibiae (Δ MAD = 0 mm), stav bol považovaný za ideálny (5).

Obrázok 1. Plánovanie veľkosti korekcie semiautomaticky v počítačovom programe.
Figure 1. Semi-automated planning of correction size in a computer program.

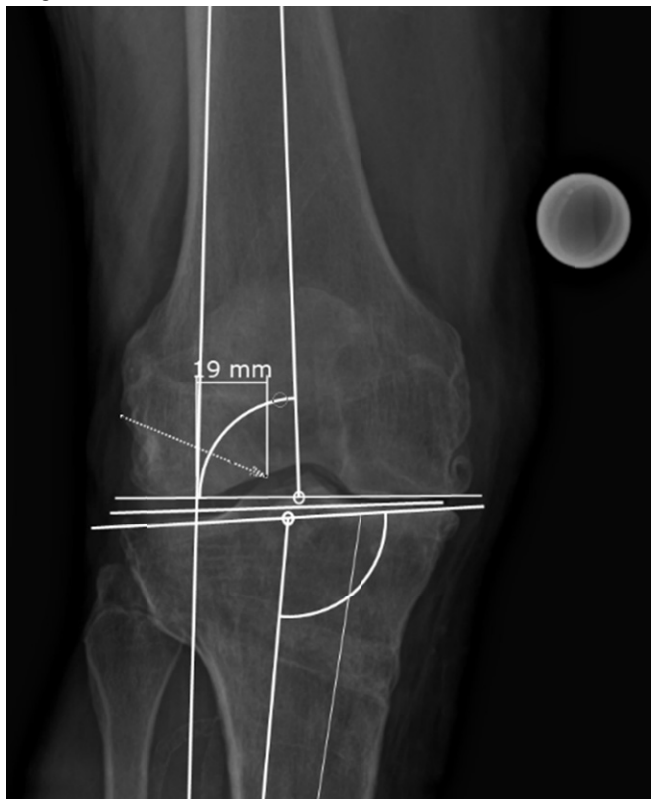


Obrázok 2. Plánovanie veľkosti korekcie manuálne Miniaciho metódou.
Figure 2. Manual planning of correction size using the Miniaci method.



Obrázok 3. Pooperačné meranie Δ MAD (ideálny bod priebehu mechanickej osi cez tibiálne plateau je laterálny hrot interkondylickej eminencie – v obrázku je označený prerušovanou šípkou).

Figure 3. Postoperative measurement of Δ MAD (The ideal point of the mechanical axis passing through the tibial plateau is the lateral tip of the intercondylar eminence – indicated by a dashed arrow in the image).



Pre údaje pacientov vek, mLDFA a Δ MAD korekcia bol vypočítaný priemer a štandardná odchýlka (SD). Normalita distribúcie údajov bola hodnotená Shapiro-Wilk testom. V prípade potvrdenia normálneho rozloženia údajov bol na testovanie rozdielov medzi skupinami použitý Studentov t-test pre dva nezávislé výbery, v prípade nie normálneho rozloženia Mann-Whitneyho U-test. Na porovnanie rozdielu medzi kategorickými premennými bol použitý Fisher exact test. Za štatisticky významné boli považované hodnoty $p < 0,05$. Údaje boli štatisticky spracované počítačovým program MedCalc® Statistical Software, ver. 23.1.3 (Ostend, Belgicko).

Štúdia bola schválená Etickou komisiou Univerzitnej nemocnice L. Pasteura v Košiciach. Všetci účastníci štúdie podpísali informovaný súhlas so zaradením do štúdie.

Výsledky

V skupine pacientov plánovaných manuálne (manTC) bolo 7 (35%) žien a 13 (65%) mužov, v skupine plánovaných semiautomaticky (samCAD) boli 4 (40%) ženy a 6 (60%) mužov. Priemerný vek pacientov s skupine manTC bol v čase operácie 50,6 (SD 7,9) a v skupine samCAD 50,8 (SD 9,0) rokov. Medzi zastúpením pacientov podľa pohlavia (manTC 7/13 vs samCAD 4/6; $p = 1,00$) nebol štatistický významný rozdiel. Štatisticky

nebol významný ani rozdiel medzi skupinami v priemernom veku a v priemernom mechanickom laterálnom distálnom femorálnom uhle (mLDFA) (tab. 1).

Tabuľka 1. Charakteristika súborov pacientov manTC a samCAD.

V zátvorke uvedená smerodajná odchýlka (SD). ($^{\circ}$ – uhlový stupeň; p – vypočítaná pravdepodobnosť).

Table 1. Characteristics of patient groups manTC and samCAD.

Standard deviation (SD) is given in parentheses. ($^{\circ}$ – angle degree; p – calculated probability).

	Skupina		P
	manTC n=20	samCAD n=10	
Pohlavie Ž/M	7/13	4/6	1,00
Vek (rok)	50,6 (7,9)	50,8 (9,0)	0,94
mLDFA ($^{\circ}$)	88,3 (2,0)	88,1 (1,8)	0,83

Priemerná Δ MAD v skupine manTC bola 12,6 (SD 8,9) mm a v skupine samCAD 6,2 (SD 6,1) mm ($p = 0,05$) (obr. 4). V skupine samCAD boli 4 (40%) pacienti s nulovou hodnotou Δ MAD, kým v skupine manTC bol takýto pacient iba jeden (5%) (tab. 2).

Tabuľka 2. Porovnanie hodnotených výsledných pooperačných parametrov medzi skupinou manTC a samCAD (p – vypočítaná pravdepodobnosť; * – štatisticky významná hodnota, # – počet pacientov s nulovou hodnotou Δ MAD / počet pacientov s nenulovou hodnotou Δ MAD).

Table 2. Comparison of evaluated postoperative outcome parameters between the manTC and samCAD groups (p – calculated probability; * – statistically significant value; # – number of patients with a zero value Δ MAD / number of patients with a nonzero value Δ MAD).

	Skupina		P
	manTC n=20	samCAD n=10	
Δ MAD (mm)	12,6 (8,9)	6,2 (6,1)	0,05
Δ MAD [#]	1/19	4/6	0,03*

Diskusia

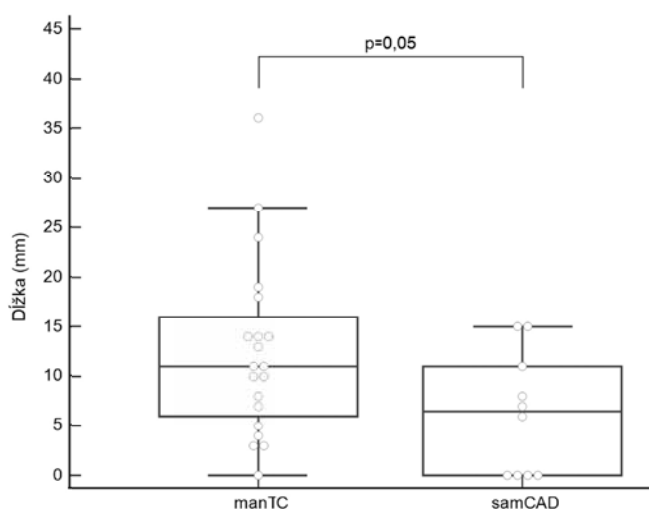
Presné predoperačné plánovanie a peroperačná korekcia varóznej deformity kolena vo frontálnej rovine sú najdôležitejšími kritériami pre úspech HTO (1). Nerhus (2017) sa vo svojej štúdií venoval kvantifikácii chýb merania pri plánovaní HTO manuálne a semiautomaticky. Veľkosť chyby predoperačného merania v týchto štúdiách sa znížila z úrovne $0,7^{\circ}$ pri použití manuálneho merania na úroveň $0,4^{\circ}$ pri použití semiautomatického merania pri meraní mLDFA a z úrovne $0,7^{\circ}$ na úroveň $0,2^{\circ}$ pri meraní mMPTA(6) .

Kim (2017) použil metódu manuálneho plánovania Miniaciho metódou v systéme PACS a zistili, že nebol štatistický žiadny rozdiel medzi predoperačne plánovaným a dosiahnutým korekčným uhlom a sklonom tibiálneho plateau (7).

Yoon (2016) porovnával použitie predoperačného manuálneho merania v systéme PACS oproti peroperačnému meraniu (8). Kritériom hodnotenia bol výsledný pooperačný sklon tibiálneho plateau, pričom sklon v

rozmedzí $\pm 5^\circ$ bol považovaný za prijateľný rozsah korekcie. Tento rozsah korekcie bol dosiahnutý v 55 % prípadov pri použití peroperačnej metódy merania, zatiaľ čo pri použití metódy s PACS to bolo 71,8 %. Kim (2019) použil metódu manuálneho plánovania v systéme PACS a dosiahol prijateľný rozsah korekcie ($\pm 5^\circ$) po operácii na úrovni 70 %, podkorekcia bola 20 % a nadmerná korekcia bola 10 % (5). Yufeng (2023) dosiahol pomocou semiautomatického plánovania prijateľný sklon tibiálneho plateau ($\pm 5^\circ$) v 79,6 % prípadoch, podkorekcia bola v 3,7 % a nadmerná korekcia v 16,7 % prípadoch (3).

Obrázok 4. Distribúcia hodnôt Δ MAD v porovnávaných skupinách zobrazená krabicovým grafom.
Figure 4. Distribution of Δ MAD values in the compared groups presented as a box plot.



Keďže v našej štúdií všetci operovaní pacienti mali varóznou uhlovú deformitu tibiae so súčasnou symptomatickou artrózou mediálneho kompartmentu ako indikátor presnosti korekcie bol použitý priebeh mechanickej osi končatiny (5). V našom súbore priemerná Δ MAD v skupine samCAD bola štatisticky hranične nižšia ako v skupine manTC ($p=0,05$). Presná pooperačná korekcia (Δ MAD =0) bola zistená v 4 (40 %) prípadoch samCAD oproti 1 (5 %) prípadu v skupine manTC ($p = 0,03$).

V súčasnosti pribúdajú ďalšie faktory, ktoré môžu byť indikátorom dosiahnutia dobrého klinického výsledku po HTO – napr. limit pre pooperačný mMPTA (angl. *mechanical medial proximal tibial angle*), JLO (angl. *joint line obliquity*) (9), ktoré bude vhodné pridať do hodnotenia pri porovnávaní meraní kvality presnosti korekcie.

Limitom štúdie je malá veľkosť vzorky, ktorá bola zapríčinená zníženým počtom pacientov v rokoch 2020 až 2021.

Záver

Vysoká korektívna osteotómia tibiae je efektívny spôsob liečby mediálnej artrózy kolenného kĺbu u biologicky mladých pacientov s varóznou uhlovou deformitou tibiae. Semiautomatické plánovanie korekčnej osteotómie do-

siahlo vyššiu výslednú presnosť v porovnaní s manuálnym plánovaním.*

*Autori prehlasujú, že štúdia bola realizovaná v súlade s etickými štandardmi príslušnej komisie zodpovednej za klinické štúdie a Helsinskou deklaráciou z roku 1975, revidovanou v roku 2000.

Konflikt záujmov: Autori vyhlasujú, že nemajú žiaden konflikt záujmov.

Literatúra

- LEE OS, AHN S, AHN JH, TEO SH, LEE YS. Effectiveness of concurrent procedures during high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Arch Orthop Trauma Surg 2018, 138 (2): 227–236.
- GAO L, MADRY H, CHUGAEV DV, DENTI M, FROLOV A, BURTSEV M, et al. Advances in modern osteotomies around the knee: report on the association of sports traumatology, arthroscopy, orthopaedic surgery, rehabilitation (ASTAOR) Moscow international osteotomy congress. J Exp Orthop 2017, 6 (1): 9. <https://doi.org/10.1186/s40634-019-0177-5>
- YUFENG L, XUE W, BO Y, et al. Application of SolidWorks software in preoperative planning of high tibial osteotomy. Font Surg 2023, Jan 6 (9). Doi 10.3389/fsurg.2022.951820
- IRIS E, WGL, FEMKE F, SCH, FEIKE DG, ROMPEN J, CH, ROY AGH and VAN HOUTEN A. Accuracy, inter- and intrarater reliability, and user-experience of high tibial osteotomy angle measurements for preoperative planning: manual planning PACS versus semi-automatic software programs. J Exp Orthop 2022, 9 (44). <https://doi.org/10.1186/s40634-022-00475-x>
- KIM KM, BONG SK, JOO HP. The proper correction of the mechanical axis in high tibial osteotomy with concomitant cartilage procedures—a retrospective comparative study. Orthop Surg Res 2019, 14: 281. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1333-4>
- NERHUS TK, EKELAND A, SOLBERG G, SIVERTSEN EA, MADSEN JE, HEIR S. Radiological outcomes in a randomized trial comparing opening wedge and closing wedge techniques of high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017, 25 (3): 910–917.
- KIM HJ, LEE HJ, SHIN JY, PARK KH, MIN SG, KYUNG HS. Preoperative planning using the picture archiving and communication system technique in high tibial osteotomy. J Orthop Surg (Hong Kong) 2017, 25: 1. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:25617926>
- YOON SD, ZHANG G, KIM HJ, LEE BJ, KYUNG HS. Comparison of cable method and Miniaci method using picture archiving and communication system in preoperative planning for open wedge high tibial osteotomy. Knee Surg Relat Res 2016, 28 (4): 283–288.
- SONG JH, BIN SI, KIM JM, LEE BS. What Is An Acceptable Limit of Joint-Line Obliquity After Medial Open Wedge High Tibial Osteotomy? Analysis Based on Midterm Results. Am J Sports Med 2020, 48 (12): 3028–3035.

Do redakcie došlo 2.3.2025.

Adresa pre korešpondenciu:

MUDr. Martin Paulo, MPH
 Klinika úrazovej chirurgie UPJŠ LF a UNL
 Rastislavova 43
 041 90 Košice
 E-mail: martin.paulo@unlp.sk