

Vplyv počítačovej navigácie na dlhodobé výsledky po implantáciách totálnych endoprotéz kolenného kĺbu vykonaných menej skúseným operatárom

Long-Term Results of Computer-Navigated Total Knee Arthroplasties Performed by Low-Volume and Less Experienced Surgeon

M. LACKO, D. SCHREIEROVÁ, R. ČELLÁR, G. VAŠKO

Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojenstva Lékařské fakulty Univerzity Pavla Jozefa Šafárika a Univerzitnej nemocnice L. Pasteura, Košice

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The study aims to evaluate the long-term results of computer-navigated total knee arthroplasties performed by less experienced surgeon performing a small number of procedures per year.

MATERIAL AND METHODS

In the prospective randomised study functional and radiological results, rate of revision and probability of clinical and radiological survival were compared in 30 computer-navigated (in 28 patients: 19 women, 9 men, with the mean age of 66.9 years) and 31 conventionally implanted (in 30 patients: 27 women, 3 men, with the mean age of 66.5 years) cemented total knee replacements without patellar resurfacing. The group was composed of patients who underwent surgery performed by the same surgeon who at the time of enrolment of patient in the study had no previous experience with the total knee replacement surgery and performed up to 30 such procedures annually. The mean follow-up of patients was 11 years.

RESULTS

No statistically significant differences were detected regarding the mean age, sex, body mass index and etiology of osteoarthritis of the operated knee. The mean duration of computer-navigated surgeries (101 ± 14.1 ; 80–140 min) was considerably longer than the duration of conventional joint replacements (94 ± 8.2 ; 80–100 min; $p = 0.01$). When evaluating the radiological results, a statistically significant difference was found between the groups only with respect to the mean value of dorsal inclination of the tibial component ($88.2^\circ \pm 2.1$ vs $86.2^\circ \pm 3$, $p = 0.02$). The mean values of other monitored angles did not show any significant differences. The number of correct implants (with a deviation of 3 degrees from the target values) was statistically significantly higher in the group of computer-navigated joint replacement surgeries in all the monitored parameters (α FT: 87% vs. 67%, $p = 0.04$; α : 87% vs. 71%, $p = 0.04$; β : 87% vs. 65%, $p = 0.03$; γ : 93% vs. 74%, $p = 0.02$; δ : 90% vs. 77%, $p = 0.04$). Radiologic signs of unstable fixation were detected in 2 cases of computer-navigated joint replacement surgeries and in 7 cases of conventional replacements. Cumulative probability of radiologic survival at 10 years reached 93% in the computer-navigated surgery and 77.4% ($p = 0.047$) in the group with conventional procedure.

In total, 4 revision surgeries with a reimplantation of at least one prosthetic component were reported. All the cases came from the conventional implantation group due to aseptic loosening of the endoprosthesis. In the computer-navigated group, one revision was performed for patellar pain, without replacing or adding any endoprosthetic component. The probability of clinical survival in computer-navigated replacements after 10 years was 100%, in conventional total knee replacements it was 87% ($p = 0.04$). The cumulative total endoprosthesis revision rate in the computer-navigated group was 3.3%, whereas in the group with conventional total knee replacements it was 12.9% ($p = 0.04$). The clinical assessment based on the WOMAC and Knee Society Scores showed no statistically significant differences.

DISCUSSION

The most common cause of the failure of total knee arthroplasties is the malposition of implants which results in early aseptic loosening. The radiologically correct position of knee endoprosthesis is seen in 80% of standard replacement surgeries performed by experienced surgeons. The potential error rate can even increase if the arthroplasties are performed by less experienced orthopaedic surgeons. The computer-navigated total knee replacement was introduced to make the position of implants more accurate. However, the question remains unanswered if more accurate positioning of the implants achieved with computer navigation decrease the revision rate and extend the long-term survival of knee endoprostheses.

CONCLUSIONS

Kinematic computer navigation allowed a less experienced and low-volume orthopaedic surgeon to make the implantation of endoprostheses more accurate, to decrease the total revision rate, and thus to ensure a higher probability of long-term survival of total knee arthroplasties.

Key words: computer navigation, total replacement, knee joint, long-term outcomes, low-volume surgeon, less experienced surgeon.

ÚVOD

K najčastejším príčinám operačných revízií totálnych endoprotéz kolenného kĺbu patrí aseptické uvoľnenie implantátov (15). Aseptické uvoľnenie vzniká zvyčajne na podklade nadmerného oteru polyetylénu pri nerovnomernom zaťažovaní endoprotézy implantovanej v nesprávnom osovom postavení (19). Aj v prípade skúsených operátorov sa pohybuje miera optimálne implantovaných endoprotéz konvenčnou technikou v rozmedzí 60 % až 80 % (21). Nehovoriac o implantáciách, ktoré vykonávajú operatéri len s prvotnými skúsenosťami s endoprotetikou kolenného kĺbu alebo operatérmi, ktorí vykonávajú implantácie pravidelne, ale v relatívne menšom počte.

V 90. rokoch minulého storočia bola do ortopedickej praxe zavedená počítačová navigácia, s cieľom spresniť implantácie endoprotéz kolenného kĺbu, a tým vytvoriť jeden zo základných predpokladov pre ich dlhodobé správne fungovanie. Vzhľadom na nedostatok publikovaných dlhodobých výsledkov, nie je možné v súčasnosti jednoznačne konštatovať, či počítačová navigácia skutočne prispieva k zvýšeniu miery dlhodobého prežívania kolenných endoprotéz. Nepotvrdenou ostáva aj hypotéza, že počítačová navigácia je vhodný „učebný nástroj“ pre ortopédov s malými skúsenosťami v endoprotetike kolenného kĺbu. Nástroj, ktorý im pomôže skôr pochopiť relatívne komplikovanú problematiku kolennej endoprotetiky.

Cieľom práce bolo vyhodnotiť dlhodobé výsledky počítačom navigovaných implantácií totálnych endoprotéz kolenného kĺbu, ktoré realizoval operatér s počiatočnými skúsenosťami s endoprotetikou kolenného kĺbu a vykonávajúci relatívne menší počet implantácií ročne.

MATERIÁL A METODIKA

Súbor pacientov

Do prospektívnej randomizovanej štúdie bolo zaradených 91 pacientov, ktorí v rokoch 2004 až 2007 podstúpili implantáciu cementovanej totálnej endoprotézy kolenného kĺbu bez patelárnej náhrady (celkovo 95 endoprotéz kolena). Súbor tvorili pacienti operovaní tým istým operátorom (autor článku ML), ktorý v čase zaradenia pacientov do sledovania nemal predošlé skúsenosti s implantáciami kolenných endoprotéz a vykonával do 30 implantácií ročne. Podmienkou na hodnotenie implantácií bola minimálne 10-ročná doba sledovania pacientov.

Podľa techniky implantácie kolenných endoprotéz sme vytvorili dve hodnotené skupiny. Prvú skupinu tvorilo 49 počítačom navigovaných implantácií (skupina NAV). Druhá skupina bola tvorená 46 konvenčne vedenými implantáciami totálnych endoprotéz, bez použitia počítačovej navigácie (skupina KONV).

Randomizácia pacientov bola uskutočnená lekárom, ktorý nie je spoluautorom článku a ani sa nezúčastnil na hodnotení sledovaného súboru.

Z pôvodne 91 zaradených pacientov sme z konečného hodnotenia vyradili 33 pacientov (34 endoprotéz) z dôvodu straty ambulantného sledovania alebo pre nedostavenie sa pacienta na kontrolné vyšetrenie. Zvyšných 61 implantácií kolenných endoprotéz (NAV: $n = 30$; KONV:

$n = 31$) u 58 pacientov podstúpilo vyhodnotenie funkčných a rádiologických výsledkov, miery revidovanosti a pravdepodobnosti klinického a rádiologického prežívania.

Klinická štúdia bola schválená etickou komisiou. Všetci pacienti boli poučení a podpísali informovaný súhlas.

Operačná technika

V prípade počítačovej navigácie bol použitý systém kinematickej navigácie OrthoPilot (B.Braun, Aesculap, Nemecko) s aktívnymi infračervenými sondami. Operačný postup bol zhodný s technikou popísanou Maginom a kol. (17).

Konvenčná technika implantácie endoprotéz pozostávala z resekcie proximálneho konca tibie pomocou extramedulárneho cielenia. Distálny femur bol resekovaný pomocou intramedulárneho cielenia.

Operačný prístup do kolenného kĺbu bol vedený po každom reze v stredovej čiare a mediálnej parapatelárnej kapsulotómii s následnou laterálnou everziou pately. Turniket sa používal len počas cementovania implantátov. Vo všetkých prípadoch sa implantovala cementovaná bikondylárna totálna endoprotéza zachovávajúca zadný skrížený väz, bez patelárnej náhrady (jednalo sa o typ Search-evolution alebo E.motion-B.Braun, Aesculap, Nemecko). Schéma antibiotickej profylaxie, dĺžka prevencie trombembolickej choroby, ako aj pooperačný rehabilitačný režim boli zhodné u všetkých pacientov.

Klinické hodnotenie

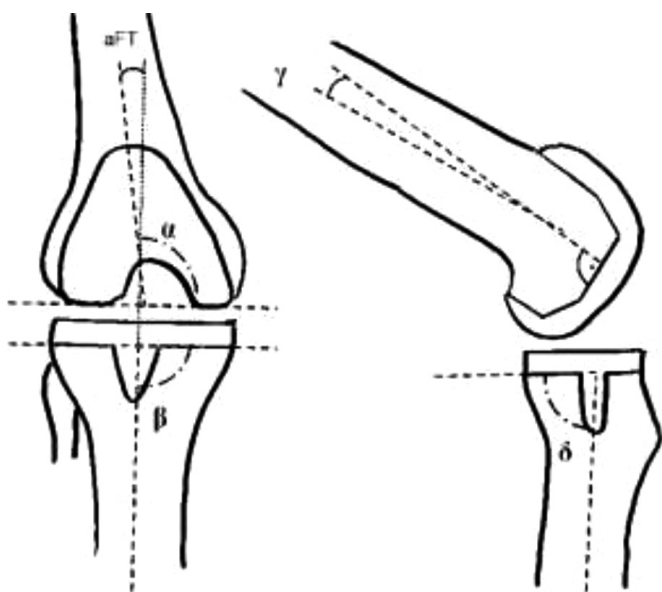
Zo zdravotnej dokumentácie sme zaznamenávali vek v čase operácie, pohlavie a index telesnej hmotnosti (BMI) pacientov, etiológiu artrózy operovaného kolena, trvanie operačného výkonu a pooperačné komplikácie.

Klinický stav pacientov pred operáciou a pri poslednej dostupnej kontrole sme hodnotili pomocou indexu osteoartrózy WOMAC (9) a hodnotiacej schémy Knee Society Scores (13).

Pravdepodobnosť klinického prežívania endoprotéz sme stanovili na základe uskutočnenia revíznej operácie, ktorá bola definovaná ako opätovná operácia kolennej aloplastiky s výmenou, odstránením alebo pridaním jedného alebo viacerých komponentov (24). Výpočet kumulatívneho percenta celkovej revidovanosti vychádzal z počtu všetkých operačných revízií, teda aj tých, pri ktorých nedošlo k výmene alebo prídaniu aspoň jedného komponentu endoprotézy.

Rádiologické hodnotenie

Rádiologické hodnotenie vychádzalo z natívnych röntgenových snímok kolena v predozadnej a bočnej projekcii vyhotovených v stojaciho pacienta. Na predoperačnej snímke sme hodnotili osové postavenie kolena vo frontálnej rovine prostredníctvom anatomickeho femoro-tibiálneho uhla (aFT; uhol, ktorý zvierajú anatomická osa femuru s anatomickou osou tibie). Na pooperačných snímkach, vyhotovených po 6 mesiacoch od operácie, sme hodnotili okrem aFT uhla aj osové postavenie femorálnych a tibiálnych komponentov totálnych endoprotéz vo frontálnej a sagitálnej rovine podľa schémy *The Knee*



Obr. 1. Schematické znázornenie hodnotených uhlov na pooperačných röntgenových snímkach.

Society TKA Roentgenographic Evaluation and Scoring System (5). Pri implantácii endoprotézy bolo cieľom dosiahnuť nasledujúce hodnoty uhlov: $aFT = 174^\circ$, $\alpha = 94^\circ$ (uhol valgozity femorálneho komponentu), $\beta = 90^\circ$ (uhol valgozity tibiálneho komponentu), $\gamma = 3^\circ$ (uhol flexie femorálneho komponentu), $\delta = 87^\circ$ (uhol dorzálneho sklonu tibiálneho komponentu) (obr. 1). Porovnávali sme priemerné hodnoty sledovaných uhlov a počet korektných postavení, teda implantácií s uhlovou odchýlkou nie väčšou ako 3° od cieľovej hodnoty.

Na röntgenových snímkach z poslednej dostupnej kontroly sme hodnotili stabilitu implantátov podľa vyššie uvedenej schémy (5). Na základe rádiologických známkov nestabilnej fixácie implantátov sme definovali pravdepodobnosť rádiologického prežívania totálnych endoprotéz.

Štatistická analýza

Na štatistickú analýzu klinických a röntgenologických výsledkov sme použili párový t-test. Rozdiely vo výsledkoch medzi oboma skupinami pacientov sme hodnotili nepárovým t-testom. V prípade, keď súbory mali výrazne nenormálne rozdelenie alebo medzi rozptylmi skupín boli štatisticky významné rozdiely, sme na hodnotenie použili neparametrický Mannov-Whitneyho test. Za štatisticky významné sme považovali rozdiely na hladine významnosti $p < 0,05$.

Na štatistické vyhodnotenie pravdepodobnosti prežívania implantátov sme použili Kaplanovu-Meierovu krivku. Metóda bola prispôbená k výpočtu kumulatívnej pravdepodobnosti prežívania kolenných endoprotéz s intervalom spoľahlivosti 95 % v období 10 rokov.

VÝSLEDKY

Priemerná doba sledovania pacientov bola 11 rokov (NAV: $10,97 \pm 1,47$; 10–12 rokov; KONV: $10,87 \pm 1,8$; 10–13 rokov; $p = 0,41$).

Tab. 1. Základná charakteristika súboru

| | NAV | KONV | p |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| Počet pacientov (endoprotéza) | 28 (30) | 30 (31) | – |
| Vek (roky)* | 66,9 ($\pm 7,4$; 55–82) | 66,5 ($\pm 6,9$; 50–80) | 0,43 |
| Pohlavie (muži/ženy) | 9/19 | 9/21 | 0,43 |
| BMI* | 33,5 ($\pm 18,9$; 26–38) | 34,4 ($\pm 23,7$; 21–38) | 0,41 |
| Artróza (primárna/sekundárna) | 25/3 | 27/3 | 0,46 |
| Operačný čas (minúty)* | 101 ($\pm 14,1$; 80–140) | 94 ($\pm 8,2$; 80–100) | 0,01 |

NAV = skupina počítačom navigovaných implantácií endoprotéz; KONV = skupina konvenčne implantovaných endoprotéz; BMI = index telesnej hmotnosti; p = hladina štatistickej významnosti; * číselné údaje sú uvádzané ako priemerná hodnota, smerodajná odchýlka, rozsah hodnôt

Tab. 2. Prehľad rádiologických výsledkov

| | NAV | KONV | p |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
| aFT predoperačný | | | |
| priemer* | 181,4° ($\pm 6,4$; 164–192) | 182,2° ($\pm 4,9$; 169–189) | 0,24 |
| aFT pooperačný | | | |
| priemer* | 176,2° ($\pm 2,5$; 169–181) | 176,3° ($\pm 3,3$; 170–185) | 0,43 |
| ± 3 | 26 (87 %) | 21 (67 %) | 0,04 |
| A | | | |
| priemer* | 95,5° ($\pm 1,7$; 93–100) | 95,7° ($\pm 3,1$; 91–102) | 0,21 |
| ± 3 | 26 (87 %) | 22 (71 %) | 0,04 |
| B | | | |
| priemer* | 88,1° ($\pm 1,9$; 84–91) | 87,9° ($\pm 2,3$; 83–92) | 0,29 |
| ± 3 | 26 (87 %) | 20 (65 %) | 0,03 |
| Γ | | | |
| priemer* | 4,7° ($\pm 1,7$; 18) | 4,5° (2,8; -2–9) | 0,38 |
| ± 3 | 28 (93 %) | 23 (74 %) | 0,02 |
| Δ | | | |
| priemer* | 88,2° ($\pm 2,1$; 84–94) | 86,2° (± 3 ; 80–90) | 0,02 |
| ± 3 | 27 (90 %) | 24 (77 %) | 0,04 |
| Nestabilná fixácia | 2 | 7 | 0,04 |

aFT = anatomický laterálny femorotibiálny uhol; α = uhol valgozity femorálneho komponentu; β = uhol valgozity tibiálneho komponentu; γ = uhol flexie femorálneho komponentu; δ = uhol dorzálneho sklonu tibiálneho komponentu; ± 3 = implantácie v korektnom osovom postavení; * číselné údaje sú uvádzané ako priemerná hodnota, smerodajná odchýlka, rozsah hodnôt

Tab. 3. Klinické výsledky nevykazovali štatisticky významné rozdiely (číselné údaje sú uvádzané ako priemerná hodnota, smerodajná odchýlka, rozsah hodnôt)

| | NAV | KONV | p |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|
| Doba sledovania (roky) | 10,97 ($\pm 1,47$; 10–12) | 10,87 ($\pm 1,8$; 10–13) | 0,41 |
| Pred operáciou | | | |
| WOMAC | 68,6 ($\pm 5,8$; 59–89) | 66 ($\pm 6,3$; 43–74) | 0,45 |
| KSS Knee | 31,8 ($\pm 8,9$; 15–52) | 29,1 ($\pm 7,7$; 15–44) | 0,1 |
| KSS Function | 49 ($\pm 13,4$; 5–65) | 52,9 ($\pm 8,2$; 45–62) | 0,06 |
| Posledná kontrola | | | |
| WOMAC | 24,1 ($\pm 7,5$; 15–43) | 24,4 ($\pm 9,1$; 14–43) | 0,45 |
| KSS Knee | 94,2 ($\pm 9,2$; 58–93) | 82 ($\pm 9,2$; 54–92) | 0,18 |
| KSS Function | 79,8 ($\pm 10,5$; 47–100) | 78,5 ($\pm 11,5$; 47–100) | 0,31 |

Nezistili sme štatisticky významné rozdiely medzi hodnotenými skupinami z pohľadu priemerného veku pacientov, pohlavia, BMI a etiologie osteoartrózy operovaného kolena (tab. 1).

Signifikantný rozdiel sme zistili v trvaní operácií. Priemerný operačný čas počítačom navigovaných implantácií bol dlhší o 7 minút (NAV: $101 \pm 14,1$; 80–140 min.; KONV: $94 \pm 8,2$; 80–100 min.; $p = 0,01$).

Rádiologické výsledky

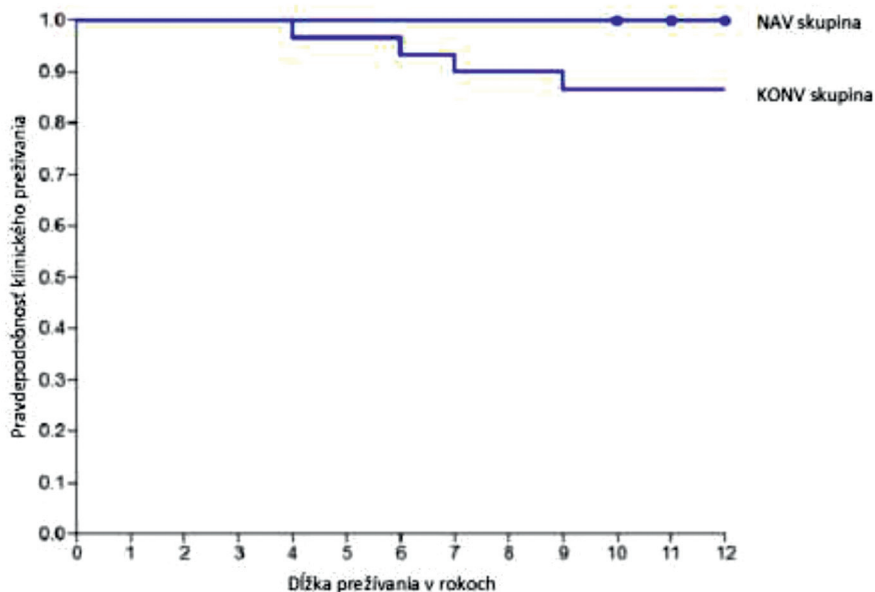
Pri hodnotení priemerných hodnôt sledovaných uhlov sme zistili štatisticky významný rozdiel len pri uhle dorzálného sklonu tibiálneho komponentu (uhol δ). V KONV skupine bola tendencia implantovať tibiálny komponent s väčším sklonom (NAV: $88,2^\circ \pm 2,1$; 84–94°; KONV: $86,2^\circ \pm 3$; 80–90°; $p = 0,02$). Ostatné predoperačné a pooperačné priemerné hodnoty uhlov nevykazovali štatisticky významnú rozdielnosť (tab. 2).

Počet korektných implantácií (s odchýlkou do 3° od cieľových hodnôt) vyhodnotených vo frontálnej rovine prostredníctvom pooperačného aFT uhla bol zistený v NAV skupine v 87 % (26 z 30 implantácií) a v KONV skupine v 67 % prípadoch (21 z 31 implantácií; $p = 0,04$). Podobne aj pri hodnotení osového postavenie jednotlivých komponentov totálnych endoprotéz vo frontálnej aj sagitálnej rovine, sme zistili štatisticky významne väčší podiel korektných implantácií v NAV skupine (α : 87 % vs. 71 %, $p = 0,04$; β : 87 % vs. 65 %, $p = 0,03$; γ : 93 % vs. 74 %, $p = 0,02$; δ : 90 % vs. 77 %, $p = 0,04$).

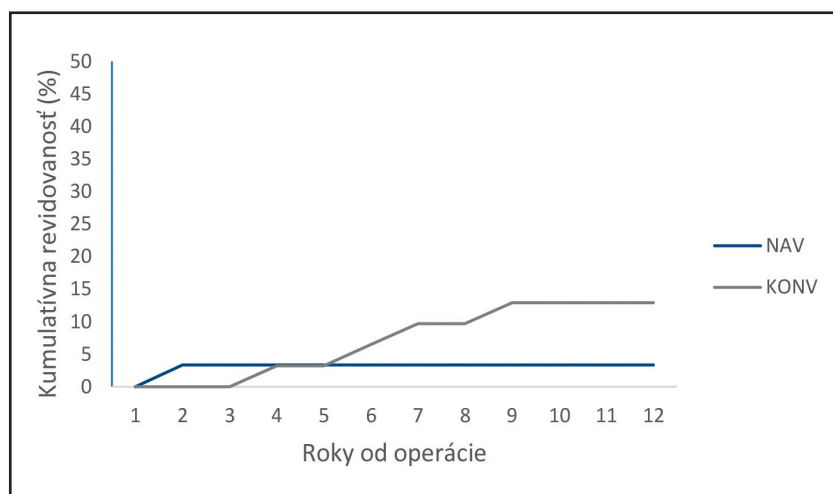
Na základe posledného dostupného röntgenologického vyšetrenia u pacientov, ktorí nepodstúpili revíziu operáciu, sme vyhodnotili nestabilnú fixáciu v 2 prípadoch v NAV skupine a v 3 prípadoch v KONV skupine. Ak zoberieme do úvahy aj pacientov, ktorí už podstúpili revíziu pre uvoľnenie endoprotézy, kumulatívna pravdepodobnosť rádiologického prežívania v období 10 rokov dosiahla v NAV skupine 93 % a v KONV skupine 77,4 % (obr. 4). Rozdiel dosiahol štatistickú významnosť ($p = 0,047$).

Operačné revízie

Celkovo sme vykonali 4 revízne operácie, pri ktorých došlo k výmene aspoň jedného komponentu totálnej endoprotézy kolena (v rozmedzí 4 až 9 rokov od primóimplantácie). Vo všetkých prípadoch to bolo v skupine konvenčných implantácií z dôvodu aseptického uvoľnenia endoprotézy. V 3 prípadoch (75 %) dosahoval pooperačný aFT uhol varózných hodnôt väčších ako 3° .



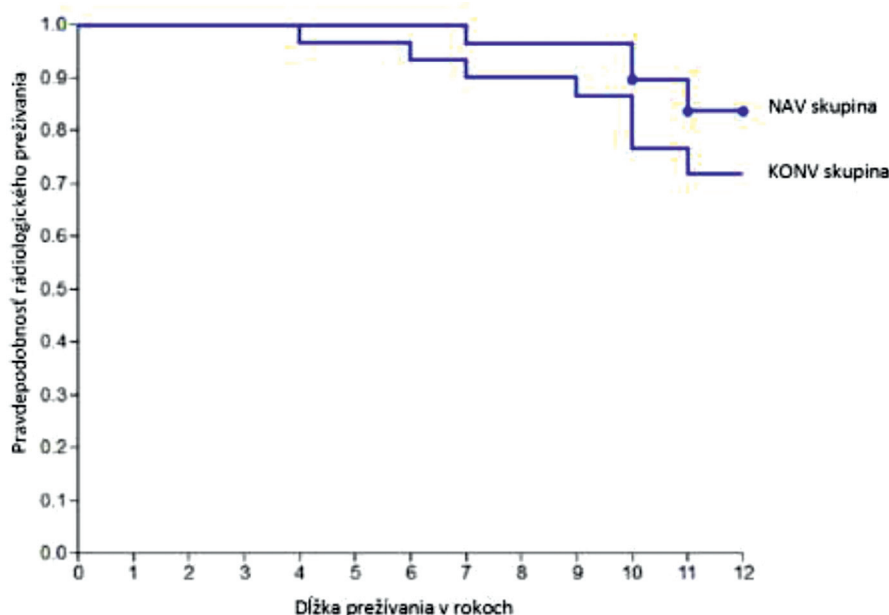
Obr. 2. Kaplanova-Meierova krivka klinického prežívania endoprotéz. Po 10 rokoch od implantácie dosiahla pravdepodobnosť klinického prežívania počítačom navigovaných endoprotéz 100 %, konvenčne operovaných endoprotéz 87 %.



Obr. 3. Kumulatívna miera celkovej revidovanosti po 10 rokoch dosiahla 3,3 % v skupine implantácií s počítačovou navigáciou a 12,9 % v konvenčnej skupine.

V skupine s počítačom navigovanou implantáciou sme vykonali jednu operačnú revíziu z dôvodu patelárnej bolesti, pri ktorej nedošlo k výmene, ani pridaniu komponentov endoprotézy. Tento prípad revízie sme teda nezapočítavali do výpočtu pravdepodobnosti klinického prežívania endoprotéz. Stav bol vyriešený pateloplastikou (odstránenie osteofytov z pately, denervácia okraja pately elektrokauteľom, uvoľnenie laterálneho retinákula), vykonanej 2 roky po primárnej operácii.

Podľa Kaplanovej-Meierovej krivky po 10 rokoch od operácie dosiahla pravdepodobnosť klinického prežívania počítačom navigovaných implantácií endoprotéz 100 %, konvenčne implantovaných kolenných endoprotéz 87 %



Obr. 4. Rádiologické prežívanie kolenných endoprotéz podľa Kaplanovej-Meierovej krivky. Vyššia pravdepodobnosť rádiologického prežívania po 10 rokoch bola zistená v skupine s počítačom navigovanou implantáciou endoprotéz (93% v NAV skupine, 77,4% v KONV skupine).

(obr. 2). Rozdiel dosiahol štatistickú významnosť ($p = 0,04$).

Kumulatívna miera celkovej revidovanosti endoprotéz bola v navigovanej skupine 3,3 %, v konvenčnej skupine 12,9 % (3,9násobný rozdiel).

Klinické výsledky

Pri porovnávaní výsledkov v hodnotiacich klinických schémach WOMAC, KSS Knee a KSS Function sme v sledovanom období nezaznamenali štatisticky významné rozdiely medzi skupinami (tab. 3). Pacienti, ktorí podstúpili revíziu operáciu, neboli zaradení do klinického hodnotenia.

Komplikácie

V oboch hodnotených skupinách sme nezaznamenali žiadne komplikácie v súvislosti s operáciou.

DISKUSIA

Výsledky po implantáciách kolenných endoprotéz závisia od viacerých faktorov. Najčastejšou príčinou zlyhania kolenných aloplastík je zlé osovú postavenie implantátov, ktoré vedie k predčasnému aseptickému uvoľneniu implantátov (15). Pacienti, ktorým bola implantovaná endoprotéza v osovom postavení horšom ako 3 stupne od neutrálnej mechanickej osi dolnej končatiny (spojnica stredov bedrového, kolenného kĺbu a členkovej kosti vo frontálnej rovine), tvoria signifikantne najväčšiu skupinu revidovaných pacientov (8). Aj v našej štúdii bolo najčastejšou príčinou operačných revízií aseptické uvoľnenie endoprotéz. Pritom v 3 z celkovo 4 prípadov revízií pre

aseptické uvoľnenie bolo zistené viac ako 3stupňové varózne postavenie kolenných endoprotéz.

Röntgenologicky korektné postavenie endoprotéz kolena sa vyskytuje asi v 80 % prípadoch štandardných implantácií uskutočnenými skúsenými operatérmi (21). Je logické, že prípadná chybovosť sa môže ešte zvýšiť, ak sú implantácie vedené menej skúsenými ortopédmi (18). My sme zistili správne osovú postavenie kolenného kĺbu (prostredníctvom aFT uhla) pri konvenčne implantovaných endoprotézach len v 67 % prípadov takéhoto operátora.

Počítačom navigovaná implantácia kolenných endoprotéz bola zavedená do praxe s cieľom spresniť postavenie implantátov a tak vytvoriť jeden zo základných predpokladov pre ich dlhodobé správne fungovanie. Podľa súčasných po-

znatkov dokáže počítačová navigácia signifikantne znížiť riziko implantácií kolenných endoprotéz v nekorektnom postavení (3, 6, 20, 25). Túto skutočnosť môžu potvrdiť aj rádiologické výsledky našej štúdie. Priemerné hodnoty sledovaných uhlov síce nevykazovali signifikantný rozdiel (okrem hodnoty uhla dorzálneho sklonu tibiálneho komponentu), počítačová navigácia však jednoznačne znížila mieru implantácií jednotlivých komponentov endoprotéz v nekorektnom postavení, tak vo frontálnej ako aj v sagitálnej rovine. Správne osovú postavenie dolnej končatiny v skupine totálnych endoprotéz implantovaných pomocou počítačovej navigácie bolo zistené v 87 % prípadoch, čo bolo signifikantne viac ako v konvenčnej skupine (67 %).

Vzhľadom na nedostatok klinických štúdií s dlhodobým sledovaním ostáva otázne, či spresnenie implantácií počítačovou navigáciou skutočne zníži revidovanosť a predĺži mieru dlhodobej životnosti kolenných endoprotéz. Baumbach a kol. zistili v 10ročnom sledovaní 98% mieru prežívania počítačom navigovaných implantácií endoprotéz kolena v porovnaní s 87% prežívaním konvenčne operovaných endoprotéz (2). Na druhej strane Kim a kol. v podobne koncipovanej štúdii so sledovaním 10 rokov nezistili rozdiely v prežívaní navigovaných a konvenčných implantácií endoprotéz z kolena (16). Práca Hernández-Vaquera a kol. (10) síce poukazuje na rozdiel v miere revidovanosti v horizonte 8 rokov (konvenčné implantácie 18,9 %, navigované 5,6 %), ktorý však nedosahuje štatistickú významnosť. Je potrebné si uvedomiť, že tieto práce vychádzajú zo súborov pacientov z veľkých centier, zvyčajne operovaných ortopédmi špecializovanými v kolennej endoprotetike. V nám dostupnej literatúre sme

nenali podobne koncipovanú štúdiu ako je naša. Teda štúdiu, ktorá by hodnotila dlhodobý prínos počítačovej navigácie pri implantáciách kolenných endoprotéz z pohľadu ortopéda získavajúceho len prvé skúsenosti s endoprotetikou kolenného kĺbu alebo z pohľadu ortopéda vykonávajúceho relatívne menší počet implantácií endoprotéz kolena. Viacerí autori totiž potvrdili zvýšenú mieru pooperačných komplikácií a revidovanosti na pracoviskách, resp. u ortopédov vykonávajúcich menší počet implantácií kolenných náhrad. Definícia „menšieho počtu“ implantácií (z angl. *low volume surgery*) varíruje v rozmedzí od menej ako 25 až po menej ako 50 operácií ročne (1, 14). My môžeme potvrdiť, že implantácie kolenných endoprotéz pomocou počítačovej navigácie, v porovnaní s konvenčnými implantáciami, realizované menej skúseným operátorom, sú presnejšie, dosahujú nižšie kumulatívne percento revidovanosti (3,3 % vs. 12,9 %) a dokonca aj vyššiu pravdepodobnosť klinického (96,6 % vs. 84 %) a rádiologického (93 % vs. 77,4 %) prežívania po 10 rokoch od primárnej operácie.

Pri hodnotení klinických výsledkov sme nezistili štatisticky významné rozdiely v sledovanom období. Závery meta-analýz porovnávajúcich klinické výsledky navigovaných a konvenčných implantácií, prezentujú nejednotné názory. Kým v krátkodobom meradle väčšina prác poukazuje na lepšie klinické výsledky u navigovaných artroplastík, v dlhodobom horizonte je rozdiel nevýznamný (4, 20, 25).

V literatúre sa objavujú isté obavy, či použitie počítačovej navigácie neprinesie zvýšenú mieru špecifických komplikácií. Niektorí autori poukazujú na možné oslabenie kosti v mieste zavedených fixačných skrutiek navigačných sond s následným vznikom periprotetickej zlomeniny (11), alebo zvýšenú mieru infekčných komplikácií kvôli predĺženiu operačného času (12). Podľa recentných meta-analýz však počítačová navigácia nezvyšuje mieru pooperačných komplikácií (20, 25). V našom súbore počítačom navigovaných implantácií sme nezistili žiadnu periprotetickú zlomeninu, ani periprotetickú infekciu, napriek ich signifikantne dlhšiemu operačnému času.

So zavádzaním technológie počítačovej navigácie do praxe sú spojené aj zvýšené iniciálne finančné náklady pre zdravotnícke zariadenie. Ak však zoberieme do úvahy menšiu mieru revidovanosti navigovaných endoprotéz zistíme, že počítačová navigácia má reálny potenciál na zníženie celkových nákladov na kolennú endoprotetiku. Keďže priame výsledky z artroplastických registrov zatiaľ nie sú k dispozícii v dostatočnej miere, na výpočet finančnej efektivity boli použité teoretické modely (7, 22, 23). Pomocou nich sa určilo, nakoľko je nevyhnutné počítačovou navigáciou znížiť mieru revidovanosti kolenných artroplastík, aby sa stala finančne efektívnejšou ako konvenčná implantácia endoprotéz. Pre pracoviská, ktoré vykonávajú nad 250 implantácií ročne, je potrebné v horizonte 10 rokov znížiť mieru revidovanosti o 1 až 2 %. Na pracoviskách s nižším počtom implantácií (do 25 až 50 ročne) je nevyhnutné zníženie miery revidovanosti o 7 až 13 %. V našej štúdii sme zistili takmer 4-násobne nižšiu mieru kumulatívnej

celkovej revidovanosti navigovaných endoprotéz, čím sa vytvoril základný predpoklad pre dosiahnutie finančnej efektivity počítačovej navigácie.

Nedostatkom našej štúdie je relatívne malý počet vyhodnotených pacientov. Kontrolu po minimálne 10 rokoch od operácie bolo možné vykonať len u 58 z 91 pacientov (64 %). Je preto otázne, či v rámci skupiny nezhodnotených pacientov nedošlo k prípadným komplikáciám a následným revíznym operáciám. Strata sledovaných pacientov však bola obdobná v oboch hodnotených skupinách (17, resp. 15 pacientov). Silnou stránkou tejto štúdie je presne definovaný súbor pacientov jedného operátora, s priemernou dobou sledovania 11 rokov.

ZÁVER

Výsledky po implantáciách kolenných endoprotéz asi najväčšou mierou ovplyvňuje skúsenosť operátora. Počítačová navigácia poskytuje chirurgovi neustálu spätnú väzbu počas všetkých, z pohľadu presnosti „rizikových“ fáz operácie. Teda počas resekcie kosti, balansovania väzivového aparátu a pri definitívnej implantácii endoprotézy. Tým pomáha redukovať chybovosť a podporuje rozvoj zručnosti a skúsenosti operátora.

Na základe výsledkov našej práce môžeme konštatovať, že kinematická počítačová navigácia umožnila menej skúsenému ortopédovi, resp. ortopédovi operujúcemu endoprotézu v menšom počte, spresniť implantáciu endoprotéz, znížiť celkovú revidovanosť, a tým zabezpečiť vyššiu pravdepodobnosť dlhodobého prežívania endoprotéz kolenného kĺbu.

Literatúra

1. Badawy M, Espehaug B, Indrekvam K, Engesaeter LB, Havelin LI, Furnes O. Influence of hospital volume on revision rate after total knee arthroplasty with cement. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;18:e131.
2. Baumbach JA, Willburger R, Haaker R, Dittrich M, Kohler S. 10-year survival of navigated versus conventional tkas: a retrospective study. *Orthopedics.* 2016;39:72–76.
3. Brin YS, Nikolaou VS, Joseph L, Zukor DJ, Antoniou J. Imageless computer assisted versus conventional total knee replacement. A Bayesian meta-analysis of 23 comparative studies. *Int Orthop.* 2011;3:331–333.
4. Burnett RS, Barrack RL. Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;1:264–276.
5. Ewald FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; 248:9–12.
6. Fu Y, Wang M, Liu Y, Fu Q. Alignment outcomes in navigated total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;6:1075–1082.
7. Gøthesen Ø, Slover J, Havelin L, Askildsen JE, Malchau H, Furnes O. An economic model to evaluate cost-effectiveness of computer assisted knee replacement surgery in Norway. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:202.
8. Hadi M, Barlow T, Ahmed I, Dunbar M, McCulloch P, Griffin D. Does malalignment affect revision rate in total knee replacements: a systematic review of the literature. *Springerplus.* 2015;4:835.

9. Hawker G, Melfi C, Paul J, Green R, Bombardier C. Comparison of a generic (SF-36) and a disease specific (WOMAC) (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) instrument in the measurement of outcomes after knee replacement surgery. *J Rheumatol*. 1995;22:1193–1196.
10. Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Iglesias-Fernandez S. Can computer assistance improve the clinical and functional scores in total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;12:3436–3442.
11. Hoke D, Jafari SM, Orozco F, Ong A. Tibial shaft stress fractures resulting from placement of navigation tracker pins. *J Arthroplasty*. 2011;26:504–508.
12. Cheng T, Pan XY, Mao X, Zhang GY, Zhang XL. Little clinical advantage of computer-assisted navigation over conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty at early follow-up. *Knee*. 2012;19:237–245.
13. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;24:13–14.
14. Jasper LL, Jones CA, Mollins J, Pohar SL, Beaupre LA. Risk factors for revision of total knee arthroplasty: a scoping review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:182–191.
15. Khan M, Osman K, Green G, Haddad FS. The epidemiology of failure in total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2016;98-B:105–112.
16. Kim YH, Park JW, Kim JS. Computer-navigated versus conventional total knee arthroplasty: a prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94:2017–2024.
17. Magin MN. Computer-assisted total knee replacement using Orthopilot® navigation system. *Oper Orthop Traumatol*. 2010;22:63–80.
18. Mahaluxmivala J, Bankes MJ, Nicolai P, Aldam CH, Allen PW. The effect of surgeon experience on component positioning in 673 press fit condylar posterior cruciate-sacrificing total knee arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2001;16:635–640.
19. Morawietz L, Gehrke T, Classen RA, Barden B, Otto M, Hansen T, Aigner T, Stiehl P, Neidel JH, Schröder JH, Frommelt ME, Schubert T, Meyer-Scholten C, Bente K, Ströbel P, Rader CP, Kirschner S, Lintner F, Rütter W, Skwara A, Bos I, Kriegsmann J, Krenn V. [Proposal for the classification of the periprosthetic membrane from loosened hip and knee endoprostheses]. *Pathologe*. 2004;25:375–384.
20. Moskal JT, Capps SG, Mann JW, Scanelli JA. Navigated versus conventional total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2014;27:235–248.
21. Picard F, Clarke J, Deep K, Gregori A. Computer assisted knee replacement surgery: is the movement mainstream? *Orthop Muscular Syst*. 2014;3:153.
22. Slover JD, Tosteson AN, Bozic KJ, Rubash HE, Malchau H. Impact of hospital volume on the economic value of computer navigation for total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:1492–1500.
23. Swank ML, Alkire M, Conditt M, Lonner JH. Technology and cost-effectiveness in knee arthroplasty: computer navigation and robotics. *Am J Orthop*. 2009;38:32–36.
24. The Swedish Knee Arthroplasty Register. Annual report 2016. Elvins Grafiska AB, Helsingborg, 2016.
25. Van der List JP, Chawla H, Joskowicz L, Pearle AD. Current state of computer navigation and robotics in unicompartmental and total knee arthroplasty: a systematic review with meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24:3482–3495.

Korešpondující autor:

MUDr. Marek Lacko, Ph.D.
Klinika ortopédie a traumatologie
pohybového ústrojenstva LF UPJŠ
Trieda SNP č. 1
040 11 Košice, Slovenská republika
E-mail: marek.lacko@upjs.sk