

# Ocena wyników całkowitej aloplastyki stawu kolanowego wykonanej z wykorzystaniem systemu nawigacji komputerowej oraz metodą tradycyjną

## Evaluation of Outcomes of Total Knee Replacement with and without a Navigation System

Marek Synder<sup>1(A,B,C,D,E,F,G)</sup>, Munaf A. Hatim Altimimi<sup>2(A,B,G)</sup>, Andrzej Borowski<sup>1(C,D,F)</sup>,  
Marcin Sibiński<sup>1(C,D,F)</sup>, Marek Drobniowski<sup>1(A,B,D,E,F)</sup>

<sup>1</sup> Klinika Ortopedii i Ortopedii Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, Polska

<sup>1</sup> Department of Orthopaedics and Paediatric Orthopaedics Medical University of Lodz, Poland

<sup>2</sup> Department of Orthopaedics, Imam Ali Hospital, Baghdad, Iraq

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Celem tego badania było porównanie wyników zabiegów całkowitej aloplastyki stawu kolanowego z użyciem nawigacji komputerowej z wynikami zabiegów wykonanych metodą konwencjonalną i ocena efektywności wspomaganie komputerowego podczas TKA.

**Materiał i metody.** Oceniono pacjentów leczonych operacyjnie z powodu choroby zwyrodnieniowej stawu kolanowego, u których wykonano zabieg całkowitej aloplastyki kolana w latach 2011-2013. Zabieg TKA z zastosowaniem endoprotezy Columbus wykonano w 84 przypadkach. Grupę badaną stanowili pacjenci operowani z zastosowaniem nawigacji komputerowej OrtoPilot, a grupa kontrolna zawierała pacjentów operowanych metodą konwencjonalną. Ostatecznie grupa badana liczyła 30 pacjentów ze średnim wiekiem 71,8 lat. Grupa kontrolna składała się również z 30 pacjentów ze średnim wiekiem wynoszącym 73,5 lat. Parametry radiologiczne były oceniane według osi operowanej kończyny. Dla oceny klinicznej zastosowano skale KSS i VAS.

**Wyniki.** W grupie badanej średni czas operacji wyniósł 94 minuty, a w grupie kontrolnej był krótszy i wyniósł 75 minut. Nie stwierdzono różnicy w obu grupach w pooperacyjnym wyniku według skali VAS. Znaczącą poprawę odnotowano w ocenie klinicznej z zastosowaniem skali KSS przed i po zabiegu TKA w obu grupach. W grupie kontrolnej częściej odnotowano odchylenie osi mechanicznej w kierunku koślawości niż szpotawości.

**Wnioski.** W doświadczonych rękach chirurga, czas zabiegów z zastosowaniem nawigacji komputerowej może być zbliżony do czasu zabiegów konwencjonalnych. Zastosowanie nawigacji komputerowej może dawać lepsze wyniki kliniczne i radiologiczne.

**Słowa kluczowe:** całkowita aloplastyka stawu kolanowego, nawigacja komputerowa, choroba zwyrodnieniowa stawów

### SUMMARY

**Background.** The aim of this study was to compare the results of TKA performed with the use of a navigation system vs. conventional knee arthroplasty and to evaluate the effectiveness of navigation system support in TKA.

**Material and methods.** We evaluated patients undergoing TKA for osteoarthritis in the years 2011–2013. Columbus prostheses were implanted in 84 knees. Group 1 included patients in whom TKA was performed with the use of the OrtoPilot Navigation System, and Group 2 was a control group of patients undergoing conventional TKA. Group 1 ultimately comprised 30 patients at a mean age of 71.8 years, while Group 2 consisted of 30 patients at a mean age of 73.5 years. Radiographic parameters were evaluated according to the mechanical axis of the leg. Clinical evaluation relied on the VAS and KSS scores.

**Results.** Mean operation time was 94 minutes in Group 1. It was shorter in Group 2, with a mean of 75 minutes. Post-operative VAS scores did not differ between the groups. Significant improvement was noted between pre- and postoperative in KSS scores in both groups. The control group showed more valgus mechanical axis deviation than varus deviation.

**Conclusions.** In experienced hands, navigated surgery time may be similar to that of conventional TKA and give superior results, both clinical and radiographic.

**Key words:** total knee arthroplasty, computer navigation, osteoarthritis

## WSTĘP

Artroza stawu kolanowego jest chorobą, w której naturalne stosunki pomiędzy kośćmi tworzącymi staw a chrząstką stawową są zaburzone. Zmiany zwyrodnieniowe stawu kolanowego są jedną z częstszych przyczyn zgłaszania się pacjentów do gabinetów ortopedycznych. Zmiany te powodują poważne konsekwencje dla pacjentów, w tym ból, ograniczenie ruchów w stawie i trudności w lokomocji. Sytuację taką spotykamy nawet u młodych ludzi, jednakże szansa na wystąpienie zmian zwyrodnieniowych rośnie u chorych powyżej 45 roku życia. Zgodnie z doniesieniami Arthritis Foundation ponad 27 milionów ludzi w USA leczonych jest z powodu zmian zwyrodnieniowych stawów, ze szczególnym naciskiem na staw kolanowy. Kobiety i pacjenci otyli są szczególnie narażeni na tę chorobę.

U pacjentów z zaawansowanymi zmianami i dużymi deformacjami stawu wskazane jest leczenie operacyjne. Leczeniem standardowym w takich przypadkach jest całkowita aloplastyka stawu kolanowego (TKA), dająca chorym ulgę w dolegliwościach bólowych, poprawia zakres ruchów w stawie i ułatwia poruszanie się.

Aloplastyka stawu kolanowego może być przeprowadzona jako częściowa (jednoprzędziowa) lub, jako częściej wykonywana, całkowita. W celu poprawy wyników leczenia TKA wprowadzono wiele nowych technik operacyjnych. Jedną z nich jest wykorzystanie systemów nawigacji komputerowej podczas TKA. Jeden z takich systemów jest używany od roku 1986 w naszej Klinice.

Celem pracy jest porównanie wyników TKA wykonanej z wykorzystaniem standardowej techniki operacyjnej z zabiegami wykonanymi z zastosowaniem techniki nawigacji komputerowej i ocena przydatności nawigacji w TKA.

## MATERIAŁ I METODY

Od roku 2004 w wybranych przypadkach wykorzystujemy system nawigacji komputerowej OrthoPilot do implantacji endoprotez stawu kolanowego. W przedstawionym badaniu dokonano analizy chorych leczonych w latach 2004-2014. W okresie tym wykonano 1350 aloplastyk stawu kolanowego z wykorzystaniem różnych modeli endoprotez (Waldius, IBPS, Kinemax, GSB, PFC $\Sigma$ , Motta-Calea, Genesis II, Search Evolution, Columbus). Spośród tych modeli endoprotez tylko endoprotezy Search Evolution i Columbus mogły być implantowane z zastosowaniem nawigacji, ze względu na posiadane w Klinice przyrządowanie do tego typu zabiegu. W celu obiektywnej oceny wyników TKA, do analizy wybrano pacjen-

## BACKGROUND

Osteoarthritis of the knee joint is a condition in which the natural cushioning between joints, bones and cartilage wears away. This situation results in pain, swelling, stiffness and decreased range of the knee motion and ability to walk. This condition can occur even in young people but the chance of developing osteoarthritis rises after the age of 45 years. According to the Arthritis Foundation, more than 27 million people in the U.S. have osteoarthritis, with the knee being one of the most commonly affected areas. Women and obese patients are particularly likely to have osteoarthritis.

In patients with severe deformity and advanced osteoarthritis, surgery may be indicated. The standard for treatment of advanced stages of osteoarthritis is total knee arthroplasty (TKA), which provides pain relief and increases the joint's range of motion.

Knee arthroplasty can be performed as a partial or (more commonly) total knee replacement procedure. A variety of techniques have been introduced to improve TKA outcomes, including the use of a navigation system during surgery. A navigation system for TKA has been used in our Department since 1986.

The aim of this study was to compare the results of TKA performed with the use of a navigation system vs. conventional knee arthroplasty and to evaluate the effectiveness of navigation system support in TKA.

## MATERIAL AND METHODS

TKA procedures have been performed with the use of the OrthoPilot navigation system in selected cases since 2004. In this study, we evaluated patients undergoing TKA for osteoarthritis in the years 2004-2014. During that time, 1350 TKAs were performed with the use of different knee prosthesis systems (Waldius, IBPS, Kinemax, GSB, PFC $\Sigma$ , Motta-Calea, Genesis II, Search Evolution and Columbus). Among those, only Search Evolution and Columbus prostheses were suitable for navigation system support. To ensure objective evaluation of the outcomes of TKA, we selected only those patients for further evaluation who were operated in years 2011-2014, when we had gained sufficient experience in per-

tów operowanych w latach 2011-2014, czyli w okresie, gdy zdobyto już wystarczające doświadczenie w implantacji TKA przy pomocy nawigacji. W okresie tym TKA z wykorzystaniem systemu nawigacji komputerowej OrthoPilot wykonano w 84 stawach kolanowych. Kryteria włączenia pacjenta do badań obejmowały idiopatyczną gonartrozę, brak wcześniejszych zabiegów operacyjnych w obrębie analizowanego stawu kolanowego, stopień 3 lub 4 zaawansowania zmian wg kryteriów Kellgren i Lawrence'a oraz możliwość chodzenia na odcinku minimum 500 metrów. Pacjenci zakwalifikowani do zabiegu z nawigacją dodatkowo musieli posiadać dobrą jakość kości (brak cech osteoporozy, choroby reumatycznej lub zaburzeń mineralnych kości) oraz podpisać zgodę na wykonanie TKR z nawigacją.

Pacjenci zakwalifikowani do badania zostali podzieleni na 2 grupy. Grupa 1 obejmowała pacjentów, u których TKA wykonano z wykorzystaniem nawigacji OrthoPilot i grupa 2, kontrolna, obejmowała chorych leczonych techniką tradycyjną. W obu grupach implantowano ten sam rodzaj endoprotezy – cementowany Columbus w wersji PS. Grupa 1 składała się z 30 pacjentów (5 mężczyzn i 25 kobiet) w średnim wieku 71,8 lat (od 66 do 81 lat). Grupę 2 stanowiło 30 pacjentów (7 mężczyzn i 23 kobiety) w średnim wieku 73,5 lat (od 67 do 83 lat).

Analizę radiologiczną dokonano oceniając mechaniczną oś kończyny po zabiegu oraz ustawienie endoprotezy na radiogramach w projekcji przednio-tylnej i bocznej. Przed zabiegiem odchylenie osi mechanicznej kończyny w grupie 1 wahało się od 20° koślawości do 34° szpotawości, a w grupie 2 odpowiednio 26° do 28°.

W badaniu wykorzystano system nawigacji OrthoPilot (*Aesculap, Germany*), wersja 4.3 Tibia First, CT-free.

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Numer zgody RNN/21/15/KE z dnia 7 marca 2015 roku. Wszystkie procedury wykonane w ramach tego projektu przeprowadzone zostały zgodnie ze standardem deklaracji Helsińskiej z roku 1964.

W każdym z operowanych stawów kolanowych zastosowano dostęp *subvastus* lub *midvastus*. W grupie 1 przed zabiegiem TKA dokonywano kalibracji systemu, następnie umieszczano odpowiednie wkrety do kości udowej i piszczelowej, podłączano odpowiednie kable z systemem OrthoPilot, po czym rozpoczynano zabieg dostosowując się do kolejnych wskazań komputera. Opierając się na danych ukazujących się na ekranie komputera, uzyskiwanych w czasie zabiegu, dokonywano odpowiednich cięć kostnych – w pierwszej kolejności bliższego końca kości piszczelowej,

forming navigated procedures. In that period, TKA with OrthoPilot Navigation System support was performed in 84 knees.

Inclusion criteria comprised patients with idiopathic osteoarthritis of the knee, no previous surgery in the knee of interest, Kellgren and Lawrence grade 3 or 4 knee osteoarthritis ability to walk a minimum of 2 blocks. Additionally, a requirement for navigated TKA was good bone quality (no osteoporosis, rheumatoid arthritis or mineral bone diseases) and patients also gave their written consent to undergo navigated surgery.

The patients selected for this study were divided into two groups. Group 1 included patients in whom TKA was performed with the use of the OrthoPilot Navigation System, and Group 2 was a control group of patients undergoing conventional TKA. The cemented Columbus PS knee prosthesis was implanted in both groups. Group 1 ultimately comprised 30 patients (5 M, 25 F) at a mean age of 71.8 years (66-81), while Group 2 consisted of 30 patients (7M, 23 F) at a mean age of 73.5 years (67-83). Radiographic outcomes were evaluated with regard to the mechanical axis of the leg and alignment of the prosthesis on AP and lateral views. Preoperative mechanical axis ranged from 20° valgus to 34° varus in Group 1, and from 26° valgus to 28° varus in Group 2.

The OrthoPilot Navigation System (*Aesculap, Germany*) used in our study was Version 4.3 Tibia First and was a CT-free navigation system.

Ethical approval: All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards. The study was approved by the Bioethical Committee at the Medical University of Lodz (Decision RNN/21/15/KE of March 17, 2015).

The *subvastus* or *midvastus* approach to the knee joint was used in all patients. In Group 1, the system was calibrated before surgery, followed by the insertion of pins in the distal femur and proximal tibia from separate skin incisions. After the pin insertion, appropriate wiring was connected to the OrthoPilot and the surgery commenced, based on the computer indications. The surgery was started with adjustment of the double camera, collection of kinematic data via standardized motion patterns and identification of anatomic landmarks at the knee and ankle joint. Based on those data, resection of the proximal tibia and distal femur was performed, with monitoring of the ligament tension in extension and flexion. Placement of the trial components and determination of

a następnie dalszego końca kości udowej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na balans mięśniowo-więzadłowy w wyproście i zgięciu stawu. Po repozycji stawu na implantach próbnych, sprawdzano balans mięśniowy, grubość wkładki i tor rzepki podczas ruchów stawu, po czym implantowano ostateczną endoprotezę i kończono zabieg.

W grupie 2 przeprowadzano zabieg techniką tradycyjną, stosując wewnątrzszpikowe prowadnice do resekcji kości udowej i zewnątrzszpikowe do resekcji bliższego końca kości piszczelowej.

Wszyscy pacjenci otrzymali typową profilaktykę p-zakrzepową przez okres 10 dni oraz profilaktykę antybakteryjną przez 1 dobę. Pierwszego dnia po zabiegu rozpoczynano pionizację pacjentów oraz leczenie usprawniające z wykorzystaniem dodatkowo szyny CPM do ćwiczeń. Na częściowe obciążanie kończyny zezwalano od 1 doby po zabiegu, a na całkowite po miesiącu.

Wszyscy pacjenci oceniani byli przed zabiegiem i rok po TKA. Do oceny klinicznej wykorzystano skalę VAS i zmodyfikowaną klasyfikację KSS dla stawu kolanowego. Przed zabiegiem oceniano zaawansowanie zmian zwyrodnieniowych stawu kolana na podstawie skali Kellgren-Lawrence'a. Ocena radiologiczna opierała się na pooperacyjnym radiogramie wykonanym w projekcji AP i bocznej. Zdjęcia radiologiczne były przeprowadzone z uwzględnieniem centralnego promienia przechodzącego przez środek rzepki. W projekcji bocznej oceniano tyłopochylenie kości piszczelowej i udowej. Pochylenie udowe oceniano jako styczną do przedniej warstwy korowej i tylnego cięcia. Pochylenie piszczelowe wykreślano jako styczną do tylnej warstwy korowej kości piszczelowej. W celu dokładnej oceny ustawienia elementów endoprotezy mierzono następujące kąty CFA (Coronal – femoral component angle) i CTA (coronal – tibia component angle) na radiogramach w projekcji AP oraz kąty SFA (sagittal – femoral component angle) i STA (sagittal – tibial component angle) na radiogramach wykonanych w projekcji bocznej. Odchylenia mniejsze niż 3° varus/valgus wskazywały na wynik bardzo dobry, 3-5° w stosunku do osi mechanicznej jako zadowalający, a różnice większe niż 5° kwalifikowano jako wynik zły.

## WYNIKI

W obu grupach nie stwierdzono istotnych różnic w odniesieniu do płci oraz wieku. Średnia wieku w obu grupach była podobna, w grupie 1 chorzy byli w średnim wieku 71,8 lat, a w grupie 2 – 73,5 lat. Podobny był też rozkład płci chorych w obu grupach. Średni punktacja w skali VAS w grupie 1 wynosiła 7

the tibia insert thickness finalized the navigated surgery. Finally, the prosthesis was implanted.

Group 2 underwent conventional TKA with intramedullary guides for femoral resection and extra-medullary guides for proximal tibia resection.

All patients received antibiotic prophylaxis for one day and conventional DVT prophylaxis for 10 days. Knee exercise with CPM and physical therapy with rehabilitation, started on the first day after surgery, when the patients were also allowed to sit and stand up. Partial weight bearing of the operated knee was allowed on the first post-operative day and full weight bearing after 1 month.

All patients were evaluated before surgery and at one year after the total knee replacement. A visual analogue score (VAS) and the Modified Hospital for Special Surgery Knee Society Score (KSS) were used for clinical evaluation. The Kellgren–Lawrence grading system was used to evaluate OA changes in the index knee before surgery. Radiological evaluation was based on postoperative AP and lateral radiographs. X-rays were performed with care taken to ensure that the central beams cross the midline of patella. On lateral views the tibial and femoral slope were measured. The femoral slope was drawn from the tangent to the anterior cortex and the distal cut. The tibia slope was drawn from the tangent to the dorsal cortex and the tibia. Deviations less than 3° varus/valgus were graded as excellent, deviations of 3–5° from the mechanical axis were graded as satisfactory and deviations greater than 5° as poor. To determine the exact position of the mechanical axis, the Coronal Femoral Component Angle (CFA) and the Coronal Tibial Component Angle (CTA) were measured on postoperative AP radiographs, and the Sagittal Femoral Component Angle (SFA) and Sagittal Tibial Component Angle (STA) were measured on lateral radiographs.

## RESULTS

The two groups did not differ significantly with regard to gender or age. Mean age was 71.8 years in Group 1 and 73.5 years in Group 2. The male-to-female ratios were also similar, as was the patients' pre-operative status. The mean VAS score in Group 1 was 7 before surgery and 2.1 after surgery, compared

przed zabiegiem i 2,1 po TKA. W grupie 2 średnia punktacja w skali VAS przed zabiegiem wynosiła 7,1 i po zabiegu 2. W obu grupach obserwowano wyraźną poprawę w zmodyfikowanej klasyfikacji KSS. W grupie 1 średnia punktacja przed zabiegiem wynosiła 55,6 punktów i wzrosła po zabiegu średnio do 85,5 punktów, a w grupie 2 odpowiednio 57,7 punktów przed zabiegiem i 81,1 punktów po TKA.

Stwierdzono statystycznie istotne różnice w czasie trwania zabiegu w obu grupach. W grupie 1 średni czas zabiegu wynosił 94 minuty (74 do 125), a w grupie 2 – 75 minut (45 do 86).

Obie grupy były porównywalne w stosunku do wieku, płci, przedoperacyjnej punktacji w skali VAS i KSS. Nie stwierdzono statystycznych różnic w tych parametrach.

Do analizy statystycznej wykorzystano program Statistica for Windows 10 PL oraz test Levene's, test T-Studenta oraz  $\chi^2$  do oceny parametrów radiologicznych. Test Levina został użyty do oceny normalnej rozkładu. Jeżeli rozkład zmiennych był normalny, test Studenta został włączony do analizy. Test Studenta dla niezależnych próbek został zastosowany do porównania między grupami w stosunku do wieku i czasu zabiegu. Test Studenta dla próbek zależnych został użyty do porównania wartości KSS przed i po zabiegu. Pomiaru ocen w skali VAS przed i po zabiegu dokonano stosując test Wilcozona. Test Spermmana zastosowano do porównania przed i pooperacyjnych wartości VAS i KSS. Test  $\chi^2$  użyto do opisu różnic statystycznych pomiędzy płcią i wynikami radiologicznymi w obu grupach

Istotną poprawę stwierdzono w wynikach oceny skali bólu w skali VAS w okresie przed i po zabiegu zarówno u wszystkich chorych, jak i w obu grupach. Nie stwierdzono istotnych różnic w punktacji VAS w obu grupach po zabiegu ( $p=0.57$ ) (Tab. 1).

Wyraźna poprawę stwierdzono także w punktacji w zmodyfikowanej skali KSS dla stawu kolanowego

to 7.1 and 2, respectively, in Group 2. Both groups registered significant improvement according to the KSS score, with mean scores increasing from 55.6 points before surgery to 85.5 points post-operatively in Group 1 and from 57.7 pre-operatively to 81.1 points post-operatively in Group 2.

There were significant differences in mean operation time, which was 94 minutes (74-125) in Group 1 and 75 minutes (45-86) in Group 2

Both groups were comparable in terms of age, gender and preoperative VAS and KSS scores. There were no statistical differences between the groups with regard to those parameters.

Statistica for Windows 10 PL was used for statistical analysis. Levene's test was used to test normality of distribution. If the distribution of a parameter was normal, Student's T-test was used for analysis. Student's T-test for independent samples was used to compare the groups with regard to age and operation time. Student's T-test for dependent samples was applied to compare pre- and postoperative KSS values. Pre- and postoperative VAS score was compared using the Wilcoxon test. The Spearman rank test was used to compare the preoperative VAS and KSS scores, postoperative VAS and KSS scores and pre- to post-operative differences in the VAS and KSS scores. The  $\chi^2$  test was applied to describe the statistical difference between genders in both groups and radiological results.

A significant improvement was noted when pre- and postoperative VAS scores were compared among all patients as well as in both groups. At the same time, there were no significant differences in VAS scores between the groups after surgery ( $p=0.57$ ) (Tab. 1).

A significant improvement was noted when pre- and postoperative KSS scores were compared among all patients as well as in both groups (Tab. 2).

In both groups, there was a significant improvement in the KSS score after surgery. However, in

Tab. 1. Porównanie punktacji VAS przed i po zabiegu

Tab. 1. Comparison of VAS scores before and after surgery

	Wartości przed zabiegiem Preoperative values	Wartości po zabiegu Postoperative values	P value	Test value
VAS (wszyscy pacjenci) (all patients)	średnio 7 mean 7 (4-9)	średnio 2.1 mean 2.1 (1-4)	<b><math>p&gt;0.000001</math></b>	Z=7.6
VAS (Grupa nawigacji) (Navigation group)	średnio 6.9 mean 6.9 (4-9)	średnio 2.1 mean 2.1 (1-4)	<b><math>p&gt;0.000001</math></b>	Z=5.13
VAS (Grupa kontrolna) (Control group)	średnio 7.1 mean 7.1 (5-9)	średnio 2 mean 2 (1-4)	<b><math>p&gt;0.000001</math></b>	Z=5.3

Wartości wytłuszczone są statystycznie istotne. VAS – visual analogue scale. Values marked in bold are statistically significant. VAS – visual analogue scale.

w okresach przed i po operacji zarówno u wszystkich pacjentów jak i między badanymi grupami (Tab. 2)

W obu grupach stwierdzono istotną poprawę w punktacji zmodyfikowanej klasyfikacji KSS dotyczącej stawu kolanowego przed i po zabiegu. Jednakże w grupie 1 średnia punktacja KSS została oceniona jako znakomity wynik, ze średnią wartością punktową 85,8, a w grupie 2 średni wynik oceniony był jako dobry i wynosił średnio 81,1 punktów ( $p=0.037$ ). Także różnice w skali HSS przed i po zabiegu były statystycznie znamienne ( $p=0.006$ ) (Tab. 3).

Czas zabiegu był istotnie dłuższy w grupie nawigowanej niż w grupie kontrolnej. Średnia różnica w czasie trwania zabiegu wynosiła 20 minut (Tab. 4).

Pomiary odchylenia od osi mechanicznej kończyny po TKA powyżej  $5^\circ$  były częściej obserwowane w grupie kontrolnej niż w grupie chorych, u których TKA przeprowadzono z nawigacją. U większości pacjentów z grupy 1 stwierdzono wartości zbliżone do osi mechanicznej kończyny, u 25 prawidłową oś i u 5 oś przekorygowaną. Podobne wartości obserwowano w odchyleniu osi w zakresie  $3-5^\circ$ .

Nie stwierdzono istotnej różnicy statystycznej w stosunku do kąta CFA w obu grupach, jednakże w grupie kontrolnej zaobserwowano niewielką tendencję do ustawiania elementu udowego w pozycji koślawej. Stwier-

Group 1, the mean KSS score was graded as an excellent result, with a mean value of 85.8, and in Group 2 the mean score was graded as a good result with a mean value of 81.1 ( $p=0.037$ ). Differences between pre- and postoperative KSS scores were also statistically significant ( $p=0.006$ ) (Tab. 3).

Operation time was significantly longer in the navigation group than in the control group. The mean difference in surgery time was 20 minutes (Tab. 4).

Deviations from the mechanical axis after surgery greater than  $5^\circ$  were seen more commonly in the control group than in the navigation group. The control group showed more valgus than varus deviation. Similar patient percentages demonstrated axis deviation in the  $3-5^\circ$  range. Most patients from Group 1 had a value close to the mechanical axis, with 25 demonstrating correct alignment, while 5 were overcorrected.

There was no statistically significant deviation in CFA angles between the groups; however, Group 2 (controls) had a tendency to put the femoral component into the valgus position. We also found no statistically significant difference in SFA angles between the groups.

There were statistically significant differences in the deviation of CTA angles. In Group 1, 25 of 30

Tab. 2. Porównanie punktacji w zmodyfikowanej klasyfikacji KSS przed i po TKA

Tab. 2. Comparison of modified KSS scores before and after surgery

	Przed zabiegiem Preoperative values	Po zabiegu Postoperative values	P value	Test value
KSS (wszyscy pacjenci) (all patients)	średnia 56.6 mean 56.6 (34-67)	średnia 83.5 mean 83.5 (62-94)	<b><math>p&gt;0.000001</math></b>	T=-20
KSS (grupa nawigacji) (navigation group)	średnia 55.6 mean 55.6 (34-67)	średnia 85.8 mean 85.8 (72-94)	<b><math>p&gt;0.000001</math></b>	T=-17.1
KSS (grupa kontrolna) (control group)	średnia 57.7 mean 57.7 (46-66)	średnia 81.1 mean 81.1 (62-94)	<b><math>p&gt;0.000001</math></b>	T=-12.8

Wartości wytłuszczone są statystycznie znamienne. KSS – zmodyfikowana klasyfikacja KSS  
Values marked in **bold** are statistically significant. KSS – modified KSS score for the knee joint

Tab. 3. Porównanie między grupami zmodyfikowanej klasyfikacji KSS

Tab. 3. Comparison of modified KSS scores between groups

	Nawigacja (wartości średnie) Navigation (mean values)	Bez nawigacji (wartości średnie) No-navigation (mean values)	P value	Test value
Pooperacyjna ocena KSS Postoperative KSS	Mean 85.8 Średnio 85.8 (72-94)	Mean 81.1 Średnio 81.1 (62-94)	<b>0.037</b>	R=0.27
Pooperacyjna ocean KSS Pre/postoperative difference in KSS	Mean 30 Średnio 30 (11-60)	Mean 23.4 Średnio 23.4 (0-48)	<b>0.006</b>	R=0.35

Wartości wytłuszczone są statystycznie znamienne. KSS – zmodyfikowana klasyfikacja KSS  
Values marked in **bold** are statistically significant. KSS – modified Knee Society Score

Tab. 4. Porównanie czasu zabiegu pomiędzy grupami

Tab. 4. Comparison of surgery time between groups

	Nawigacja (wartości średnie) Navigation (mean values)	Bez nawigacji (wartości średnie) No-navigation (mean values)	P value	Test value
Czas zabiegu (w minutach) Operation time (minutes)	średnio 94 mean 94	średnio 75 mean 75	<b>0.005</b>	T=-12.1

Wartości wytłuszczone są statystycznie znamienne.  
Values marked **in bold** are statistically significant.

Tab. 5. Porównanie radiologicznej osi mechanicznej w obu grupach

Tab. 5. Comparison of radiological mechanical axis between groups

		Nawigacja Navigation	Bez nawigacji Non-navigation	P value	Test value
Radiologiczna os mechaniczna Radiological mechanical axis	< 3°	15	7	<b>0.024</b>	Chi <sup>2</sup> =5.56
	3° - 5°	10	10		
	>5°	5	13		

Wartości wytłuszczone są znamienne statystycznie.  
Values marked **in bold** are statistically significant.

dzono także brak różnicy statystycznej w ocenie kąta SFA w obu grupach.

Badania własne wykazały statystycznie istotne różnice w ocenie kąta CTA. W grupie 1, 25 spośród 30 pacjentów osiągnęło prawidłowe wartości tego kąta i tylko 17 spośród 30 w grupie kontrolnej. W grupie kontrolnej obserwowano dodatkowo tendencję do implantacji komponentu piszczelowego w płaszczyźnie czołowej w kierunku szpotawości.

Zaobserwowano również istotnie lepsze pooperacyjne wyniki w skali KSS przed i po zabiegu w grupie chorych operowanych z użyciem nawigacji.

Porównanie pomiędzy grupami wykazało brak statystycznych różnic w przed- i pooperacyjnej ocenie w skali VAS. Także ocena kąta STA w obu grupach nie wykazywała różnic znamienych statystycznie (Tab. 5).

Ocena radiologiczna była lepsza w grupie chorych operowanych z użyciem nawigacji. Dodatkowe porównanie wartości odchyleń kątowych w zakresach < 3° i >5° wykazało statystycznie istotne różnice w tych podgrupach (p=0,011, Chi<sup>2</sup>=6,46). Pacjenci operowani z wykorzystaniem system nawigacji mieli wyższą punktację i lepszą oś kończyny, zbliżoną do prawidłowej. Dodatkowe porównanie pochylenia elementu piszczelowego w projekcji bocznej w podgrupach < 3° i >5° nie wykazała różnic istotnych statystycznie w obu podgrupach (p=0,2, Chi<sup>2</sup>=1,67).

## DYSKUSJA

Ocenę ustawienia stawu kolanowego analizuje się niezależnie w wielu płaszczyznach, niezależnie dla każdej kości tworzącej staw kolanowy. Płaszczyzny te są definiowane przez określone punkty i okolice

patients had correct values of this parameter, compared to only 17 of the 30 in Group 2. The control group also demonstrated a tendency to place the tibial component in a varus position in the coronal view.

We observed significantly better postoperative KSS scores and a difference between pre- and post-operative KSS scores in the navigation group.

There were no statistical differences between the groups in pre- and postoperative VAS scores or pre- to post-operative VAS improvement. STA values were also not significantly different between those groups (Tab. 5).

The radiological evaluation was better in the navigation group. Additional comparison of subgroups with radiological scores in the < 3° and >5° ranges showed statistically significant differences between those subgroups (p=0.011 Chi<sup>2</sup>=6.46), with the navigation group demonstrating higher radiological scores and limb alignment closer to the mechanical axis. An additional comparison of the radiological slope of the tibial component for the < 3° and >5° subgroups showed no difference between those subgroups (p=0.2, Chi<sup>2</sup>=1.67).

## DISCUSSION

Alignment of the knee joint is defined in the frontal, sagittal and horizontal plane, independently for each bone around the knee joint. These planes are defined by anatomically relevant landmarks and axes.

anatomiczne. Prawidłowa ocena tych płaszczyzn i osi kończyny jest kluczowa do oceny i zrozumienia patologii i daje ważne informacje dotyczące implantacji endoprotezy stawu kolanowego. System nawigacji komputerowej jest całkowicie zależny od prawidłowego określenia tych wartości [1-5].

Od czasu pierwszej implantacji stawu kolanowego przez Glück'a w roku 1890, zrobiono olbrzymi postęp w tej dziedzinie. Wprowadzając nowe materiały, rozwiązania techniczne, nowoczesne artykulacje i techniki operacyjne dotarto do nowoczesnych endoprotez stawu kolanowego. W ostatnich latach system nawigacji komputerowej i indywidualne instrumentaria zaczynają odgrywać istotną rolę w implantacji endoprotez stawu kolanowego [6-10].

Nawigacja wykorzystywana w aloplastyce stawu kolanowego zdobywa coraz więcej zwolenników w środowisku ortopedycznym, głównie za sprawą dokładnej orientacji i prowadzenia zabiegu operacyjnego. System nawigacji wskazuje chirurgowi punkty anatomiczne i obrazy radiologiczne. Wykazano, że nawigacja zastosowana w trakcie TKA pozwala uzyskać lepsze ustawienie endoprotezy niż podczas zabiegów konwencjonalnych [10-14].

Wielu autorów publikując w ostatnim czasie wyniki swoich prac podkreśla korzyści wynikające z wykorzystania nawigacji w trakcie TKA. Shi i wsp. analizowali 15 różnych badań obejmujących 1111 nawigowanych stawów kolanowych i na tej podstawie stwierdzili znacznie lepsze wyniki w grupie nawigowanych TKA, jednakże w 13% nawigowanych TKA zaobserwowali niekorzystne odchylenia od osi mechanicznej kończyny [15]. Podobne badania przeprowadzone przez Moscal'a i wsp. wykazały, po analizie 47 badań obejmujących 7000 kolan wykonanych z zastosowaniem nawigacji, że nawigacja poprawia implantowanie elementów endoprotezy i poprawia wynik kliniczny mierzony skalą KSS i WOMAC [16].

Pozostaje tylko do oceny jaki stopień dokładności należy przyjąć obecnie. Aktualnie tradycyjne techniki operacyjne pozwalają na uzyskanie dobrego wyniku końcowego, jednakże wykazano, że błędy techniczne ustawienia endoprotezy lub błędy oceny mogą mieć wpływ na wyniki w dłuższym okresie obserwacji. Weześniejsze badania wykazały, że odchylenie osi powyżej 5° jest związane ze złym wynikiem końcowym [4].

Z drugiej jednak strony nie ma dowodów na to, że korzystny radiologiczny wynik TKA z wykorzystaniem nawigacji daje doskonały długotrwały efekt kliniczny. Zawsze pozostaje pytanie dotyczące zakresu tolerancji i niewłaściwej implantacji endoprotezy lub niewłaściwego balansu mięśniowego. Uważamy, że technika operacji z wykorzystaniem nawi-

Correct evaluation of these axes and planes is paramount in describing and understanding pathology and provides important information for the implantation of the knee prosthesis. Surgical navigation systems are completely dependent on the initial detection of those planes [1-5].

After the first TKA by Glück in 1890, impressive progress has been made in this field. New materials, bearing surfaces as well as surgical techniques have contributed to the development of modern knee prostheses. In recent years, navigation systems and custom made instruments have been playing an increasingly more important role in total knee arthroplasty [6-10].

Navigation in total knee replacement is gaining in popularity among orthopaedic surgeons because it allows for precise orientation and guides the surgical procedure. Navigation systems provide the surgeon with anatomical landmarks and radiographic images. Navigation has been shown to help achieve better alignment than conventional methods [10-14].

Recently, many authors have emphasised the superiority of navigated surgery over conventional approaches. Shi et al. analyzed 15 different trials of a total of 1111 navigated TKA procedures and found much better results in this group. However, they noted outliers in the mechanical axis in 13% of the navigated knees [15]. A similar review by Moscal at all analysed 47 trials of navigated TKA procedures on over 7000 knees, showing that navigated TKA improves component alignment and clinical outcomes as measured by the Knee Society and WOMAC scores [16].

It remains to be seen what degree of accuracy must be sought at present. Currently, traditional techniques make it possible to obtain good results. However, it has been shown that technical errors of alignment of knee prostheses or errors of judgment may affect long-term outcomes. Previous studies have shown that more than 5 degrees of malalignment is correlated with poor clinical results [4].

On the other hand, there is no proof that a beneficial radiographic outcome of a navigated TKA is associated with an excellent long-term clinical result. It is always a question of knowing the threshold of tolerance of poor positioning or of poor ligament balance. We believe that this technique, which avoids most surgical errors of alignment and soft tissue balance, is particularly useful for surgeons who perform relatively few TKA procedures.

Computer-navigated surgery is a state-of-the-art surgical technique which lifts the accuracy of knee replacement surgery from around 80 per cent to up to 95 per cent, so improving the longevity and function-



gacji zapobiega większości błędów operacyjnych i tych związanych z poprawnym balansem mięśniowym, co jest szczególnie istotne u chirurgów wykonujących stosunkowo niewiele zabiegów TKA.

Nawigacja komputerowa daje szansę na 80-90% poprawnej implantacji endoprotezy, co przekłada się na zwiększenie przeżywalności implantu [17-19]. Jednym z częściej stosowanych systemów nawigacji komputerowej w TKA jest OrthoPilot® Navigation System [17,18].

Jest wiele korzyści wynikających ze stosowania tego systemu. Przede wszystkim jest on łatwy do zastosowania i jest zintegrowany ze środowiskiem sali operacyjnej, dając precyzyjne informacje dotyczące optymalnej, powtarzalnej implantacji endoprotezy i optymalnych narzędzi do nawigacji [17,18].

W ostatnich doniesieniach piśmiennictwa znaleziono wiele rozbieżnych opinii na temat zastosowania nawigacji w TKA. Większość publikacji wykazuje wyższość tej techniki nad zabiegami konwencjonalnymi, głównie z powodu mniejszego marginesu błędów. Jednakże, szczególnie ze względu na wysokie koszty tego typu zabiegów, jakie ponoszą szpitale, długa krzywa uczenia i potencjalne możliwości powstania powikłań związanych z wprowadzaniem przezskórnym wkretów do nawigacji, powodują, że w wielu miejscach technika ta nie zyskuje, szczególnie wśród doświadczonych chirurgów, dużej popularności i akceptacji [19-21].

W naszej Klinice krzywa uczenia wynosiła od 2 do 4 miesięcy, do uzyskania odpowiedniego zaznajomienia się z systemem i zdobycia podstawowego doświadczenia. Jednakże do tego badania wybrano pacjentów operowanych już z naszym kilkuletnim doświadczeniu. Takie podejście do badania umocniło nas w przekonaniu, że chirurg wykonujący TKA z wykorzystaniem nawigacji ma doskonałe doświadczenie w tego typu zabiegach.

Podobnie jak Chau i Clemens w ocenie radiologicznej analizowano wiele kątów w celu dokładnej oceny implantacji endoprotezy [18,21].

Do oceny klinicznej zastosowano zmodyfikowaną klasyfikację KSS dla stawu kolanowego. Klasyfikacja ta, naszym zdaniem, umożliwia ocenę dużej ilości parametrów i daje dużo cennych informacji na temat operowanego stawu kolanowego, podobnie jak standardowa ocena VAS [22]. Zaobserwowano w naszych badaniach znacznie lepszą ocenę w skali KSS przed i po zabiegu TKA w grupie chorych operowanych z wykorzystaniem nawigacji, w porównaniu z zabiegami konwencjonalnymi. W ocenie radiologicznej najważniejszym zadaniem w trakcie TKA jest przywrócenie poprawnej osi mechanicznej kończyny. Z tego powodu do analizy wzięto pod uwagę ocenę im-

ing of the artificial joint. The OrthoPilot® Navigation System is among the most popular navigation systems [17-19].

There are many advantages from the use of the OrthoPilot system. First of all, it is easy to use and is integrated with the operating room setting, giving precise and accurate information aiding optimal and reproducible implant positioning and optimized navigation instruments [17,18].

Recent publications have brought many different points of view regarding the use of navigation in TKA. Most papers show superiority of the navigation technique, pointing mainly to lower incidence of outliers. However, because of concerns about higher institutional costs, surgical problems, longer learning curves, and potential pin complications, navigated TKA has not gained wide popularity among surgeons, especially those experienced in conventional technique [19-21].

The learning curve in experienced hands at our Department took from 2 to 4 months to have enough experience in using the navigation system. However, for this study we selected patients operated a few years after the initial navigation surgery. This ensured that the surgeries were performed by navigation-experienced surgeons. As in Chau and Clemens, we used several angles to evaluate the mechanical axis of the lower limb to enable a detailed analysis of outliers in mechanical axis in both groups [18,21]. For the clinical evaluation, we used a modified HSS classification system for the knee joint, which, in our opinion, allows evaluation of a large number of parameters and provides a large body of information about the operated knee as well as a standard VAS graded system [22]. We observed much better postoperative KSS scores and differences between pre- and postoperative KSS scores in patients from the navigation vs. conventional group. The most important radiographic parameter in TKA is evaluation of the mechanical lower limb axis. For this reason, we measured angle deviation in both the horizontal (CFA and TCA) and sagittal plane (STA and SAF).

Similar analyses have been presented by other authors, who confirm our results [18,21].

A significant improvement in VAS and KSS scores was noted in both groups. All differences were statistically significant. The radiological evaluation showed better mechanical axis alignment in the navigation group and this was statistically significant. Patients operated on with navigation had better radiological scores and limb alignment was closer to mechanical axis.

The evaluation of X-ray showed that the control group showed more valgus mechanical axis devia-

plantacji endoprotezy w obu projekcjach AP (oceniano kąty CFA i CTA) i bocznej (kąty SFA i STA). Podobne analizy zostały przeprowadzone przez innych autorów, potwierdzających słuszność naszych badań [18,21].

W obu grupach obserwowano istotną poprawę w skali VAS i KSS. W obu przypadkach różnice były istotne statystycznie. Wyniki radiologiczne naszych badań także potwierdziły lepszą oś mechaniczną po TKA w grupie chorych operowanych z nawigacją i różnice te były znamienne statystycznie. Pacjenci operowani z wykorzystaniem nawigacji mieli wyższą punktację radiologiczną, a oś kończyny była zbliżona do osi mechanicznej. Pomiar kąta CFA w obu grupach w większości przypadków był implantowany prawidłowo, a kąt CTA w obu grupach, z niewielką tendencją do pozycjonowania elementu piszczelowego w szpotawości w grupie kontrolnej. Pomiar kąta CFA w grupie 2 wykazywał tendencję do ustawiania elementu udowego w pozycji koślawej, a kąt CTA był prawidłowy w większości kolan.

Technika nawigacji komputerowej dodaje precyzji zabiegowi TKA, jednocześnie zwiększając jego koszty i wydłuża czas zabiegu. W aktualnym piśmiennictwie autorzy podają zwiększony czas zabiegu z nawigacją od 8 do 20 minut, co jest podobną obserwacją jak w naszych badaniach [18,21]. Autorzy ci podkreślali jednakże, że przedłużony czas zabiegu nie był związany ze zwiększoną liczbą powikłań [22]. Z drugiej strony inni autorzy podkreślają, że przedłużający się czas zabiegu i zwiększony koszt zabiegu dają niezbyt jasne korzyści ze stosowania nawigacji w zabiegach alopastyki stawu kolanowego [23,24].

Odnosząc się do czasu zabiegu TKR z nawigacją stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy dwoma grupami. Czas zabiegu z wykorzystaniem nawigacji był istotnie dłuższy niż w grupie kontrolnej. Zabieg TKA w grupie z nawigacją był średnio o 15 – 20 minut dłuższy niż w grupie z techniką konwencjonalną, jednakże w początkowych zabiegach czas zabiegu był dłuższy o ponad 35 minut.

## WNIOSKI

1. Wyniki TKA wykonane z wykorzystaniem nawigacji były nieznacznie lepsze niż w grupie kontrolnej.
2. Zabiegi TKA wykonywane z wykorzystaniem nawigacji trwają dłużej i są zależne od doświadczenia chirurga.
3. Wyniki radiologiczne były nieco lepsze w grupie chorych operowanych z systemem nawigacji.

tion than varus. Measuring the CFA angles in Group 2 showed a tendency to put the femoral component into the valgus position and CTA angles were correct in most of the knees but in non-navigated TKA there was a tendency to implant the tibia component in varus position.

Navigation does appear to add accuracy to surgery but also increase expenses and surgery time. In the recent literature, operative time is reported to be longer by 8-20 minutes, which is similar to our surgical times [18, 21]. Those authors observed, however, that the prolonged surgery time does not appear to be associated with an increase in complications [22]. At the same time, some other authors state that increased costs and longer surgery give unclear clinical benefit in navigating TKA surgery [23, 24].

Our study found a statistically significant difference in operative time. Operation time was significantly longer in the navigation group. The mean difference in surgery time was 15-20 minutes, being greater than 35 minutes in early procedures.

## CONCLUSIONS

1. The results of navigated TKA were slightly better than in the non-navigated group.
2. Navigation-supported TKA surgery takes longer to complete, which is correlated with the surgeon's experience.
3. The radiographic outcomes were slightly better in the navigation group.

## PIŚMIENICTWO/REFERENCES

1. Kowalski M, Górecki A. Protezoplastyka stawu kolanowego z zastosowaniem systemu nawigacji komputerowej OrthoPilot. *Ortop Traumatol Rehabil* 2004; 6: 456-60.
2. Fosco M. Concepts in computer assisted total knee replacement surgery. W: Focter SK. Recent advances in hip and knee arthroplasty. Intech; 2012: 398-410.
3. Tigani D, Sabbioni G, Ben Ayad R, Filanti M, Rani N, Del Piccolo N. Comparison between two computer-assisted total knee arthroplasty: gap-balancing versus measured resection technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18: 1304-10.
4. Clayton AW, Cherian JJ, Banerjee S, et al. Does the use of navigation in total knee arthroplasty affect outcomes? *J Knee Surg* 2014; 27(3): 171-5.
5. Mielke RK, Clemens U, Jens JH, Kershally S. Navigation in knee endoprosthesis implantation – preliminary experiences and prospective comparative study with conventional implantation technique. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2001; 139(2): 109-16.
6. Stiehl JB, Heck DA. How precise is computer-navigated gap assessment in TKA? *Clin Orthop Relat Res* 2015; 473(1): 115-8.
7. Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, Proff G, Breitenfelder J, Ottersbach A. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 433: 152-9.
8. Nam D, Weeks KD, Reinhardt KR, Nawabi DH, Cross MB, Mayman DJ. Accelerometer-based, portable navigation vs image-less, large-console computer-assisted navigation in total knee arthroplasty: a comparison of radiographic results. *J Arthroplasty* 2013; 28: 255-61.
9. Nam D, Cody EA, Nguyen JT, Figgie MP, Mayman DJ. Extramedullary guides versus portable, accelerometer-based navigation for tibial alignment in total knee arthroplasty: a randomized, controlled trial: winner of the 2013 HAP PAUL award. *J Arthroplasty* 2014; 29: 288-94.
10. Scuderi GR, Fallaha M, Masse V, Lavigne P, Amiot LP, Berthiaume MJ. Total knee arthroplasty with a novel navigation system within the surgical field. *Orthop Clin North Am* 2014; 45: 167-73.
11. Seow-Hng Goh G. Accelerometer-based navigation is as accurate as optical computer navigation in restoring the joint line and mechanical axis after total knee arthroplasty. A prospective matched study. *J Arthroplasty* 2016; 31: 92-7.
12. Bugbee WD, Kermanshahi AY, Munro MM. Accuracy of a hand-held surgical navigation system for tibial resection in total knee arthroplasty. *Knee* 2014; 21(6): 1225-8.
13. Roberts TD, Clatworthy MG, Frampton CM, Young SW. Does computer assisted navigation improve functional outcomes and implant survivability after total knee arthroplasty? *J Arthroplasty* 2015; 30: 59-63.
14. Jawhar A, Shah V, Sohoni S, Scharf HP. Joint line changes after primary total knee arthroplasty: navigated versus non-navigated. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21(10): 2355-62.
15. Shi J. Computer navigation and total knee arthroplasty. *Orthopedics* 2014; 1: 39-43.
16. Moskal JT, Capps SG, Mann JW, Scanelli JA. Navigated versus conventional total knee arthroplasty. *J Knee Surg* 2014; 3: 235-48.
17. Magin MN. Computer-assisted total knee replacement (TKR) using Orthopilot navigation system. *Oper Orthop Traumatol* 2010; 22: 63-80.
18. Clemens U, Mielke RK. Experience using the latest OrthoPilot TKA software: a comparative study. *Surg Technol Int* 2003; 11: 265-73.
19. Iorio R, Mazza D, Drogo P, et al. Clinical and radiographic outcomes of an accelerometer-based system for the tibial resection in total knee arthroplasty. *Int Orthop* 2015; 39: 461-6.
20. Babazadeh S, Dowsey MM, Swan JD, Stoney JD, Choong PF. Joint line position correlates with function after primary total knee replacement: a randomised controlled trial comparing conventional and computer-assisted surgery. *J Bone Joint Surg Br* 2011; 93: 1223-31.
21. Lang JE, Mannava S, Floyd AJ, et al. Robotic systems in orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Br* 2011; 93: 1296-9.
22. Evanich CJ. Modified Hospital for Special Surgery Knee Scoring System. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2006; 20: 100-1.
23. Alcelik IA, Diana G. A comparison of short-term outcomes of minimally invasive computer-assisted vs minimally invasive conventional instrumentation for primary total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty* 2016; 2: 410-8.
24. Bala A, Penrose CT, Seyler TM, Mather RC 3rd, Wellman SS, Bolognesi MP. Computer-navigated total knee arthroplasty utilization. *J Knee Surg* 2015; 19. [Epub ahead of print].

---

**Liczba słów/Word count:** 6586
**Tabele/Tables:** 5**Ryciny/Figures:** 0**Piśmiennictwo/References:** 24*Adres do korespondencji / Address for correspondence*

Marek Drobniewski

ul. Kusocińskiego 138/1, 94-054 Łódź, Polska

tel: 607573595, e-mail: marekdrobniewski@wp.pl

*Otrzymano / Received*

18.04.2016 r.

*Zaakceptowano / Accepted*

15.05.2016 r.