

Marcin Kowalski, Andrzej Górecki*Katedra i Klinika Ortopedii Akademii Medycznej, Warszawa*

Protezoplastyka stawu kolanowego z zastosowaniem systemu nawigacji komputerowej OrthoPilot

Total knee arthroplasty using the OrthoPilot computer-assisted surgical navigation system

Słowa kluczowe: zmiany zwyrodnieniowe kolan, nawigacja operacyjna
Key words: gonarthrosis, surgical navigation

SUMMARY

Background. Total knee arthroplasty (TKA) is currently the "gold standard" in the treatment of advanced gonarthrosis. Improved range of motion, reduced pain, and correction of the limb axis, which are the main treatment goals, depend on proper surgical technique. The usable life of the knee prosthesis and the patient's comfort are the main criteria for evaluating long-term surgical outcome in TKA. The results from 10 years of follow-up in various publications indicate a 80-95% survival rate for the prosthesis. The key factors influencing the endurance of good surgical outcome and the wear on implant components are restoration of the proper joint axis and even distribution of surface load on the elements of the prosthesis. Surgical techniques assisted by computer navigation have been developed to increase the precision of placement of implant elements and extend the usable life of the knee prosthesis.

Material and methods. In this article we evaluated post-operatively 75 cases of TKA performed with the OrthoPilot computer navigation system. The placement of the prosthesis elements was evaluated on the basis of long AP x-ray images made with the patient in standing position.

Results. On the average, the placement of the tibial component was found to be 1.7° varus. The average valgus angle of the knee was 5° (range 3-8°). The average Q wedge in our material was 6.5°.

Conclusions. The OrthoPilot computer navigation system enables greater precision in the placement of knee prostheses.

STRESZCZENIE

Wstęp. Totalna protezoplastyka stawu kolanowego jest uważana obecnie za „złoty standard” w przypadkach leczenia zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych kolana. Poprawa zakresu ruchu, zmniejszenie dolegliwości bólowych i korekcja osi kończyny będące celem leczenia zależą od poprawnej techniki operacyjnej. Okres przeżycia protezy stawu kolanowego, jak i komfort życia pacjenta jest jednym z głównych kryteriów oceny odległych wyników pooperacyjnych protezoplastyki tego stawu. Rezultaty 10-letnich obserwacji wynoszą w różnych opracowaniach od 80 do 95% „przeżycia protezy”. Przywrócenie prawidłowej osi kończyny i zapewnienie równomiernego rozkładu obciążeń na powierzchniach elementów protezy stanowią kluczowy czynnik wpływający na trwałość osiągniętego dobrego wyniku pooperacyjnego i zużycie komponentów wszczepu. Rozwój techniki operacyjnej wspomaganej nawigacją komputerową ma na celu zwiększenie dokładności osadzania elementów wszczepu i przedłużenie okresu przeżycia protezy stawu kolanowego.

Material i metody. Celem pracy jest ocena pooperacyjna 75 przypadków protezoplastyki stawu kolanowego wykonanych z zastosowaniem systemu nawigacji komputerowej OrthoPilot. Oceny ustawienia elementów

protezy dokonano na podstawie radiogramów w projekcji AP wykonanych na długiej kliszy w postawie stojącej pacjenta.

Wyniki. Średnio ustawienie komponenty podudziowej określono jako $1,7^\circ$ odchylenia w kierunku szpotawości. Kąt koślawości stawu kolanowego wyniósł średnio 5° (od 3° do 8°). Uzyskaną w ocenianym materiale średnią wartość kąta Q określono jako $6,5^\circ$.

Wnioski. System nawigacji komputerowej OrthoPilot pozwala na zwiększenie dokładności osadzenia protezy stawu kolanowego.

WSTĘP

Okres przeżycia protezy stawu kolanowego, jak i komfort życia pacjenta jest jednym z głównych kryteriów oceny odległych wyników pooperacyjnych protezoplastyki tego stawu. Rezultaty 10-letnich obserwacji wynoszą w różnych opracowaniach od 80 do 95% dobrych wyników. Przywrócenie prawidłowej osi kończyny i zapewnienie równomiernego rozkładu obciążeń na powierzchniach elementów protezy stanowią kluczowy czynnik wpływający na trwałość osiągniętego dobrego wyniku pooperacyjnego i zużycie komponentów wszczepu [1].

W swoim materiale Jeffery [1] odnotował 3% obłuzowań endoprotez po 8 latach obserwacji w przypadku zachowania prawidłowej osi operowanego stawu. W grupie pacjentów z zaburzeniem osi kończyny odsetek obłuzowań wyniósł 24%.

Podobne obserwacje poczynił Rand i Coventry [2] donosząc o 90% dobrych wyników w 10 lat po zabiegu, w przypadkach gdy oś kolana nie przekraczała 4° szpotawości. Deformacja osi stawu powyżej 4° szpotawości powodowała spadek zadowalających wyników do 70%.

Czynnikami wpływającym na zwiększenie częstości obłuzowań wszczepu jest przedwczesne niszczenie polietylenu poddawanego nierównomiernym obciążeniom oraz przebudowa tkanki kostnej w okolicy przeciążanego elementu protezy. Za przyczynę tych procesów uważa się nieprawidłowe osadzenie komponentów sztucznego stawu względem osi kończyny [3].

Rozwój techniki operacyjnej wspomaganiej nawigacją komputerową ma na celu zwiększenie dokładności osadzania elementów wszczepu i przedłużenie okresu przeżycia protezy stawu kolanowego. Stosowane obecnie systemy nawigacji komputerowej można podzielić na systemy pasywne oraz aktywne. Picard [4] rozszerza podział na systemy aktywne i pasywne z jednej strony oraz systemy nawigacyjne z zastosowaniem przedoperacyjnego obrazowania z wykorzystaniem TK lub RM, w odróżnieniu od systemów wspomaganie śródoperacyjnego bez konieczności wykonywania wcześniejszego badania radiologicznego.

System OrthoPilot

Jednym z pierwszych systemów wspomaganie śródoperacyjnego, który znalazł szerokie zastosowanie kliniczne w protezoplastyce stawu kolanowego jest zestaw OrthoPilot (Braun Aesculap) [5].

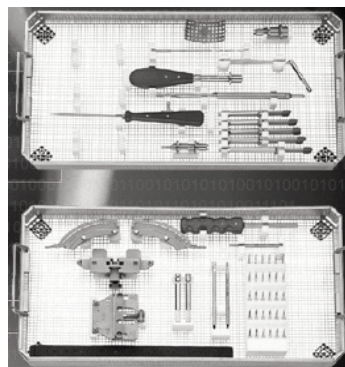
Działanie omawianego systemu opiera się na zasadzie lokalizacji przestrzennej czujników emitujących promieniowanie podczerwone. Umieszczenie przestrzenne wszczepionych w kość czujników umożliwia system kamer Optotrac połączonych z komputerem przetwarzającym dane na obraz graficzny widoczny na monitorze urządzenia. Do obsługi programu sterującego chirurg używa nożnego pedału umożliwiającego kontynuację lub korektę kolejnych etapów zabiegu operacyjnego. Czujniki będące emiterami promieniowania podczerwonego, implantowane są w ściśle określonych miejscach kości jak kość biodrowy przedni górny (Version 2.0, nowsza generacja oprogramowania tzw. Version 3.0 eliminuje konieczność osadzania czujnika w miednicy), dalsza nasada uda, bliższa nasada piszczeli oraz w okolicy stępu. Czujniki zakotwicza się w kości za pomocą samogwintujących śrub, które usuwane są po zabiegu. Zamocowanie czujnika w obrębie stępu jest nieinwazyjne, z zastosowaniem elastycznej taśmy. Poszczególne prowadnice i przymiary instrumentarium wyposażone są w zaczepy dla czujników określających ustawienie przestrzenne tych elementów względem nasad kości (Ryc. 1).

Wykonywane podczas zabiegu ruchy kończyną z zamocowanymi czujnikami umożliwiają określenie przestrzenne środka obrotu stawu biodrowego, kolanowego i skokowego. Dodatkowy pomiar pomaga dobrać odpowiedni rozmiar implantowanego elementu udowego. Możliwość stosowania prowadnic z czujnikami podczerwieni ułatwia dobór właściwego miejsca cięcia kostnych, rozległości resekcji nasad piszczeli i kości udowej oraz zachowanie prawidłowej osi mechanicznej kończyny. System umożliwia ponadto prawidłową rotację zewnętrzną elementu udowego względem linii nadkłykci kości udowej. Po zamocowaniu prowadnic wykonuje się cięcia kostne w sposób tradycyjny.

Zestaw OrthoPilot zaliczany jest do kategorii systemów pasywnych, bez wykorzystywania radiologicz-



A



B

Ryc. 1. Kończyna z zamocowanymi czujnikami(A) oraz instrumentarium (B) *

Fig. 1. Intraoperative view (A) and instrument set (B) *

nego obrazowania przedoperacyjnego jak TK lub RM.

Stosowany w Warszawskiej Klinice Ortopedii model OrthoPilot wykorzystuje czujniki podczerwieni połączone kablami z komputerem (Ryc. 2). Najnowsze modele tego systemu tzw. Version 3.0 i 4.0 zaopatrzone w czujniki bezprzewodowe oraz wyeliminowano konieczność implantacji czujnika w okolicy kolca biodrowego, co zmniejsza rozległość zabiegu oraz skraca czas operacji.

MATERIAŁ

Począwszy od połowy września 2001 roku w Klinice Ortopedii Akademii Medycznej w Warszawie wykonuje się operacje protezowania stawu kolanowego z zastosowaniem systemu komputerowego wspomagania śródoperacyjnego OrthoPilot. W okresie od września 2001 do lipca 2003 roku wykonano 157 komputerowo wspomaganych operacji wszczepienia protezy stawu kolanowego. Wskazaniem do zabiegu w 142 przypadkach były nasilone zmiany zwyrodnieniowe kolana, u 15 chorych rozpoznano reumatoidalne zapalenie stawów.

W pracy uwzględniono 77 operowanych stawów kolanowych. Z badania wykluczono dwóch chorych, u których w czasie zabiegu musiano zrezygnować ze wspomagania komputerowego. W jednym przypadku doszło do mechanicznego uszkodzenia emitera podczerwieni. Podczas drugiego zabiegu uzyskano niemiarodajne wskazania systemu, co było spowodowane rotacyjnym przemieszczeniem się jednego z czujników zamocowanego w kości. Ocenie poddano 75 protez stawu kolanowego.

W celu określenia ustawienia elementów protezy wykorzystano radiogramy AP wykonane na długiej

kliszy w pozycji stojącej pacjenta. Badanie wykonywano podczas wizyty kontrolnej w 3 miesiące po zabiegu operacyjnym.

Na radiogramach AP określano ustawienie elementu piszczelowego względem osi kości piszczelowej oraz oś kończyny dolnej.

WYNIKI

W 36 przypadkach odnotowano prostopadłe ustawienie elementu piszczelowego względem osi długiej podudzia. U trzech chorych odchylenie w kierunku szpotawości wynosiło 5°. W 12 przypadkach



Ryc. 2. Czujnik podczerwieni systemu OrthoPilot

Fig. 2. Ultrared sensor

* Od Redakcji: Fotografie zamieszczone w artykule stanowią własność autorów

szpotawe pochylenie wynosiło pomiędzy 3° a 5° . Pozostałe pomiary mieściły się w przedziale od 0° do 3° , co biorąc pod uwagę błąd pomiaru i rotacyjne ustawienie kończyny podczas wykonywania zdjęcia radiologicznego, pozwala na włączenie ich do wyników bardzo dobrych. Średnio ustawienie elementu podudziowego określono jako $1,7^\circ$ odchylenia w kierunku szpotowości.

Oceniając oś stawu kolanowego, uzyskano średnią wartość kąta koślowości 5° . W 11 przypadkach pomiar wyniósł pomiędzy 0° a 3° koślowości. U pozostałych pacjentów koślowość stawu kolanowego wynosiła od 3° do 8° . Uzyskaną w ocenianym materiale średnią wartość kąta Q określono jako $6,5^\circ$ (Ryc. 3).

Stosowanie zestawu OrthoPilot wydłużało czas zabiegu średnio o 20 minut, co wiązało się z rozleglejszym przygotowaniem pola operacyjnego oraz implantacją czujników.

Nie odnotowano powikłań związanych z wszczepianiem czujnika w okolicę kolca biodrowego. Sto-

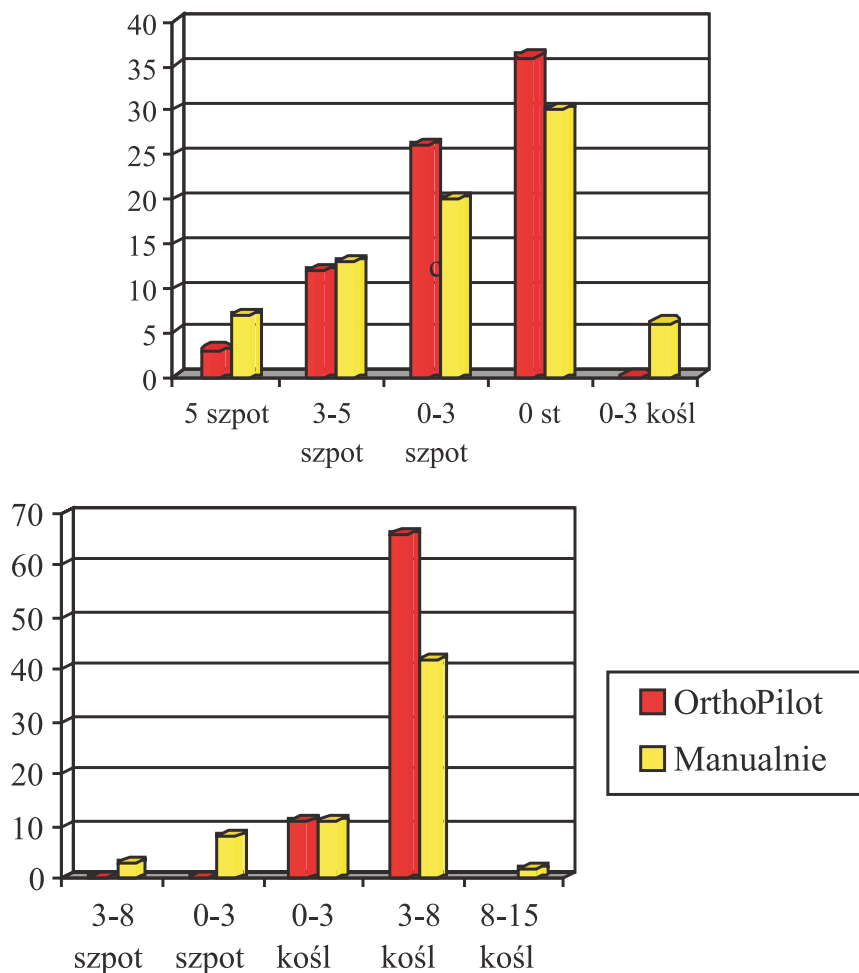
sowany obecnie w naszej klinice system nowszej generacji 3.0 eliminuje konieczność osadzania czujnika w kości miednicy, co skraca czas zabiegu i zmniejsza rozległość operacji.

Osadzanie czujników w obrębie kości nie zwiększyło utraty krwi w okresie okołoperacyjnym.

DYSKUSJA

Uzyskane podczas badania parametry ustawienia protezy stawu kolanowego implantowanego przy zastosowaniu wspomaganie komputerowego wskazują na dużą dokładność osadzenia wszczepu.

Stosowanie systemu OrthoPilot gwarantuje standaryzację i powtarzalność uzyskanych wyników. Porównanie ustawienia elementów protezy z zastosowaniem nawigacji śródoperacyjnej i techniką manualną wskazuje na przewagę systemów wspomaganie komputerowego. Jenny [6] dokonując porównania



Ryc. 3. Osadzenie elementu piszczelowego (A), oś stawu kolanowego (B)

Fig. 3. Position of tibial tray (A), axis of the knee (B)

osadzenia protezy z zastosowaniem techniki komputerowej oraz za pomocą przymiarów tradycyjnych ocenił ustawienie elementów protezy jako optymalne w 78 % przypadków operowanych z pomocą nawigacji oraz w 26% pacjentów leczonych z użyciem techniki manualnej. Autor przedstawianego doniesienia [3], opracowując wyniki 99 protez stawu kolanowego implantowanych za pomocą przymiarów zewnątrzkościowych, uzyskał średnią wartość koślawości kolana 4,3° (od 8° szpotawości do 19° koślawości).

Oceniając osadzenie elementów protezy na radiogramach AP w pozycji stojącej, należy zwracać uwagę na prawidłowość ustawienia kończyny podczas badania radiologicznego. Rotacyjna zmienność ustawienia kończyny znacząco wpływa na pomiar wartości kąta Q. Jiang i Insall [7] stwierdzili różnicę wartości kąta o 5° w zależności czy zdjęcie wykonano w 20° rotacji zewnętrznej lub wewnętrznej. Mielke [5] zaleca ustawienie kończyny podczas badania w pozycji 10° rotacji zewnętrznej stopy.

Zatorowość tłuszczowa towarzysząca protezoplastyce stawu kolanowego jest ogólnie znanym powikłaniem. Powikłanie może powstać w wyniku uwalniania elementów szpiku do krwioobiegu podczas wypełniania kanału cementem oraz osadzania trzpienia protezy [8]. Ten sam mechanizm może zaistnieć podczas osadzania prowadnicy śródszpikowej protezy stawu kolanowego [9,10]. Zaletą systemu OrthoPilot jest brak konieczności otwierania jamy szpikowej kości udowej i zwiększanie ciśnienia w jej wnętrzu.

Zasadniczy wpływ na precyzję systemu ma stabilne osadzenie czujników w kości. Przemieszczenie rotacyjne emitera promieniowania podczerwonego powoduje zafałszowanie wszystkich uprzednio wykonanych pomiarów i błędne osadzenie wszczepu. W przypadkach operacji u pacjentów z nasiloną osteoporozą, niezbędne jest dodatkowe unieruchomienie śrub skośnymi gwoździami, co zostało uwzględnione w konstrukcji instrumentarium [6].

Niewątpliwą zaletą systemu nawigacji OrthoPilot jest wyeliminowanie konieczności wykonywania przedoperacyjnych badań TK lub RM. Powoduje zmniejszenie kosztów zabiegu i nie naraża pacjenta na dodatkowe napromieniowanie rentgenowskie.

Stosując opisany system, wykonujemy w Klinice Ortopedii Akademii Medycznej w Warszawie, poza operacjami protezowania stawu kolanowego, zabiegi implantacji sztucznego stawu biodrowego. Sys-

tem ten ułatwia prawidłowe ustawienie panewki stawu biodrowego, określając jej antwersję oraz pochylenie względem miednicy.

W niedalekiej przyszłości producent systemu udostępni ortopedom systemy nawigacyjne wspomagające operacje osteotomii korekcyjnej podudzia, jak i rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego.

Chirurgiczne systemy nawigacji komputerowej stanowią znaczącą pomoc w rękach doświadczonego operatora. Są narzędziem ułatwiającym przeprowadzenie zabiegu operacyjnego, lecz nie zastępują doświadczonego chirurga.

PIŚMIENNICTWO

1. Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after TKR. *J Bone Joint Surg.* 1991; 709-714
2. Rand JA, Coventry MB. Ten-year evaluation of geometric TKA. *Clin. Orthop.* 1988; 232: 168-173
3. Kowalski M. Wyniki totalnej, kłykciowej protezoplastyki stawu kolanowego. Praca doktorska. AM Warszawa 2000
4. Picard F, Moody J, Jaramaz B, DiGioia AM, Nikou C, LaBarca RS. A classification proposal for computer-assisted knee systems. 4th Annual North American Program on Computer Assisted Orthopaedic Surgery 99-100, Pittsburgh 2000
5. Mielke RK, Clemens U, Jens J, Kershally S. Navigation in Knee Arthroplasty. *Z. Orthop.* 2001; 139: 109-116
6. Jenny J. Y, Boeri C. Total Knee Prosthesis implantation with a non image based navigation system. A matched-paired comparative study of the quality of implantation with a classical technique. 10th Congress ESSKA Rzym 2002
7. Jiang C, Insall JN. Effect of rotation on the axial alignment of the femur. *Clin. Orthop.* 1989; 248: 50-56
8. Orsini E., Richards R., Mullen I.: Fatal fat embolism during cemented Total Knee Arthroplasty. A case report. *Can. J. Surg.* 29,385,1986
9. Lachiewicz P. F., Ranawat C. S.: Fat embolism syndrome following bilateral TKR with total condylar prosthesis. Report of two cases. *Clin. Orthop.* 160, 106, 1981
10. Tronzo R., Kallos T., Wycke J.: Elevation of intramedullary pressure when methylmethacrylate is inserted in THR. *J. Bone Jt. Surg.* 56A, 715, 1974.

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Marcin Kowalski

Katedra i Klinika Ortopedii AM w Warszawie

02-005 Warszawa, ul. Lindley'a 4

e-mail: marcyk@mp.pl

Otrzymano / Received

24.04.2004 r.

Zaakceptowano / Accepted

12.06.2004 r.