

**Zaangażowanie Autorów**

A – Przygotowanie projektu badawczego  
B – Zbieranie danych  
C – Analiza statystyczna  
D – Interpretacja danych  
E – Przygotowanie manuskryptu  
F – Opracowanie piśmiennictwa  
G – Pozyskanie funduszy

**Author's Contribution**

A – Study Design  
B – Data Collection  
C – Statistical Analysis  
D – Data Interpretation  
E – Manuscript Preparation  
F – Literature Search  
G – Funds Collection

**Łukasz Cieliński<sup>1(A,B,C,D,E,F)</sup>, Damian Kusz<sup>1(A,D,E,F)</sup>,  
Piotr Wojciechowski<sup>1(B,D,E)</sup>, Anna Dziuba<sup>2(B,C,F)</sup>**

<sup>1</sup> Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Śląska Akademia Medyczna, Katowice

<sup>2</sup> Studenckie Koło Naukowe przy Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Śląska Akademia Medyczna, Katowice

<sup>1</sup> Department of Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology, Medical University of Silesia, Katowice, Poland

<sup>2</sup> Student Research Association, local chapter at the Department of Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology, Medical University of Silesia, Katowice, Poland

## Endoprotezoplastyka odtwarzająca powierzchnie stawu biodrowego – wczesne doświadczenia własne

### Short-term clinical experience with hip resurfacing arthroplasty

**Słowa kluczowe:** koksartroza, leczenie operacyjne, wyniki leczenia

**Key words:** coxarthrosis, operative treatment, treatment outcome

## STRESZCZENIE

**Wstęp.** Praca omawia doświadczenia własne ze stosowania endoprotezoplastyki odtwarzającej powierzchnie stawu biodrowego. Metoda ta została opracowana wiele lat temu, jednak poprzednio nie przyjęła się do szerszego stosowania ze względu na złe wyniki odległe. Obecnie, dzięki zastosowaniu artkulacji metal-metal oraz hybrydowego osadzenia implantów, wyniki krótko- oraz średnioterminowe są bardzo dobre i zachęcają do stosowania tej metody, zwłaszcza u młodych, aktywnych pacjentów, u których wyniki tradycyjnej całkowitej endoprotezoplastyki stawu biodrowego są niezadowalające.

**Material i metody.** Pomiędzy 01/08/2005 a 01/05/2006 w naszym Ośrodku wykonano 13 tego typu operacji. Do badań kontrolnych zgłosiło się 12 pacjentów. Wyniki leczenia oceniano według skali Harrisa.

**Wyniki.** Wczesne wyniki endoprotezoplastyki biodra odtwarzającej powierzchnie stawowe są zachęcające: nie odnotowano powikłań śródoperacyjnych, infekcji, porażen nerwów obwodowych, zwichnięć operowanego stawu ani jawnej klinicznie zakrzepicy żyłnej. Wszyscy pacjenci podają całkowite lub znaczne ustąpienie dolegliwości bólowych. Ocena pacjentów wg skali Harrisa wykazała poprawę z średnio 57,7 (20,1) pkt. przed operacją do średnio 87,7 (12) punktów. Okres stosowania kul wynosił maksymalnie 6 tygodni od zabiegu. Obecnie wszyscy chorzy chodzą bez kul z pełnym obciążaniem operowanej kończyny.

**Wnioski.** 1) Endoprotezoplastyka odtwarzająca powierzchnie stawowe biodra wydaje się być godną polecenia metodą operacyjnego leczenia młodych, aktywnych pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawu biodrowego, u których klasyczna CESB wiąże się z dużym odsetkiem niepowodzeń. ER pozwala znacząco odroczyć operację CESB, którą można wykonać jako operację rewizyjną przy już zaimplantowanej komponentce panewkowej. 2) Pomimo dobrych wyników wczesnych i średnioterminowych, dokonując oceny tej metody, należy zachować krytycyzm ze względu na brak dostatecznie dużej liczby obserwacji wieloletnich.

## SUMMARY

**Background.** This paper discusses the authors' experience with hip resurfacing arthroplasty. Although introduced many years ago, the method did not gain wide popularity because of poor long-term outcomes. At present, owing to the introduction of metal-on-metal bearings and hybrid fixation techniques, short- and mid-term results are very good and encourage wider use of this technique, especially in the younger and more active patients whose results with standard total hip replacements would be unsatisfactory.

**Material and methods.** We performed 13 hip resurfacing arthroplasties at our institution between August 1, 2005, and May 1, 2006. Twelve patients reported for the scheduled follow-up and were included in the study. Treatment outcomes were assessed according to the Harris Hip Score.

**Results.** The short-term outcomes of hip resurfacing arthroplasties are encouraging. In the study group there were no intraoperative complications, infections, peripheral nerve palsy, hip dislocations or clinically overt vein thrombosis. All of the patients reported complete or major pain relief. Clinical assessment according to the Harris Hip Score revealed improvement from an average of 57.7 (20.1) points preoperatively to an average of 87.7 (12) points after the surgery. Crutches were used for a maximum of 6 weeks postoperatively. All of the patients are currently able to walk without crutches with full weight-bearing.

**Conclusions.** 1) Hip resurfacing arthroplasty seems to be an advisable method of operative management of younger, active patients, in whom standard THR would be associated with a high risk of failure; it allows THR to be postponed and carried out as a revision surgery with the acetabular component already in place. 2) Despite the good short- and mid-term results, the utility of this method should be evaluated with caution due to the lack of adequate long-term follow-up data.

Liczba słów/Word count: 6531

Tabele/Tables: 1

Ryciny/Figures: 4

Piśmiennictwo/References: 41

Adres do korespondencji / Address for correspondence

lek. Łukasz Cieliński

Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządów Ruchu ŚLAM

40-635 Katowice, ul. Ziolowa 45/47, tel./fax: (0-32) 359-82-70, e-mail: lukasc@mp.pl

Otrzymano / Received

12.11.2006 r.

Zaakceptowano / Accepted

08.03.2007 r.

## WSTĘP

Operacje mające na celu odtworzenie powierzchni zniszczonego chorobą stawu biodrowego mają niemal sto lat tradycji. Na początku XX wieku Payr wykonywał artroplastyki biodra, podczas których wprowadzał między powierzchnie stawowe powieź szeroką, natomiast Robert Jones wszczepiał wkładkę interponującą, wykonaną ze złotej folii. Rezultaty tych operacji były jednak niezadowolające ze względu na nawrotowy ból oraz sztywność biodra. Krokiem naprzód było wprowadzenie w 1923 r. przez Smith-Petersena kapoplastyki (mould arthroplasty). Niska wytrzymałość mechaniczna stosowanych materiałów sprawiła jednak, że dopiero po wprowadzeniu stopu Vitalium (1937-38 r.) do produkcji kap nastąpiło rozpowszechnienie się metody [1]. Niestety, kapoplastyka posiadała podstawową wadę artroplastyki połowicznej – stopniowo dochodziło do protruzji panewki i pojawienia się przewlekłych dolegliwości bólowych.

W drugiej połowie XX wieku dynamiczny rozwój całkowitej endoprotezoplastyki stawu biodrowego (CESB) wg koncepcji Charnleya [2,3] doprowadził do stopniowego zarzucenia kapoplastyki. Odległe powikłania CESB (głównie obłuzowanie implantu i szkody polietylenowe) [4,5,6] sprawiły jednak, że pomimo mniejszego zainteresowania, kontynuowano prace nad endoprotezoplastyką odtwarzającą powierzchnie stawowe, zwaną inaczej endoprotezoplastyką powierzchniową lub resurfacyjną (ER) [7,8,9,10,11].

Obecnie całkowita endoprotezoplastyka stawu biodrowego (CESB) jest wiodącą, nierzadko jedyną skuteczną metodą leczenia zaawansowanej choroby zwyrodnieniowej biodra. Postępy w inżynierii materiałowej, nowe bardziej anatomiczne kształty implantów oraz rosnące doświadczenie chirurgów ortopedycznych sprawiły, że wydłużył się tzw. czas przeżycia endoprotez oraz poprawiła jakość życia pacjentów.

Jednakże dobre rezultaty CESB osiągane w populacji ludzi starszych, mniej aktywnych [3,12,13], nie przekładają się na wyniki w grupie młodszych, aktywnych pacjentów [14,15,16,17], którzy narażają swój sztuczny staw biodrowy na przeciążenia w trakcie wykonywania pracy zawodowej lub uprawiania sportu, co zwykle prowadzi do zużycia tribologicznego, osteolizy lub obłuzowania implantu [18,19]. Z myślą o tej grupie pacjentów udoskonalono endoprotezoplastykę resurfacyjną (ER) wprowadzając artykulację metal-metal [20,21].

Postulowane zalety ER w stosunku do klasycznej CESB to przede wszystkim:

- mniej rozległa resekcja bliższego końca kości udowej – nie zmienia w znaczący sposób długości kończyny i antetorsji, co za tym idzie pozwala na zachowanie prawidłowej biomechaniki stawu biodrowego;
- korzystne właściwości tribologiczne połączenia metal – metal i brak osteolizy indukowanej cząsteczkami polietylenu;
- ze względu na niewielki zakres resekcji bliższego końca kości udowej ewentualna operacja rewizyjna możliwa do wykonania z zastosowaniem standardowych implantów do pierwotnej CESB;

## BACKGROUND

Surgical procedures aimed at the restoration of damaged surfaces of the hip joint date back almost one hundred years. At the beginning of the 20th century, Payr inserted fascia lata grafts between the articular surfaces of the hip during arthroplasty procedures and Robert Jones implanted gold foil as an interpositional layer. Unfortunately, those techniques were associated with poor outcomes due to recurring hip pain and stiffness. Later, the introduction of mould arthroplasty by Smith-Petersen in 1923 was a step forward. However, the implants had poor mechanical properties and the method gained popularity only after the Vitalium alloy was introduced in 1937-1938 [1]. Nevertheless, mould arthroplasty still had a major disadvantage inherent to all hemiarthroplasty procedures as chronic hip pain and protrusio acetabuli would develop over time.

In the second half of the 20th century, mould arthroplasty was abandoned due to the rapid development of Total Hip Arthroplasty (THA) based on Charnley's concept of low friction technique [2,3]. However, late complications of THA (mostly implant loosening and polyethylene particle disease) [4,5,6] prompted search for alternative techniques and brought renewed interest in the concept of hip resurfacing (HR); thus research into HR continued [7,8,9,10,11].

At present, THR is the most common and, frequently, the only feasible method of effective treatment for advanced degenerative disease of the hip joint. Advances in material engineering and more anatomical implant designs as well as the growing experience of orthopaedic surgeons have improved implant survival and patients' quality of life.

However, the good treatment outcomes of THA reported for elderly, less active patients [3,12,13] are not mirrored in younger, more active individuals [14,15,16,17] who put a lot of strain on their artificial hips at work or during strenuous recreational activities. Such behaviour usually leads to an excessive tribological wear, osteolysis and implant loosening [18,19]. In order to address the needs of these demanding patients, an improved HR technique with metal-on-metal bearings has been introduced [20,21].

The presumed advantages of the HR technique (compared to standard THA) include:

- more conservative resection of the proximal femur. Leg length and antetorsion do not change significantly. Thus, normal hip biomechanics is not altered;
- superior tribological properties of the metal-on-metal bearings and the lack of polyethylene-induced osteolysis;
- with conservative proximal femur resection, it should be possible to carry out future revision surgery with standard implants used for primary THR;
- decreased risk of hip dislocation due to large head diameter.

Despite the many theoretical advantages, the previous generations of HR implants did not gain popularity. The

- mniejsze ryzyko zwichnięcia protezy, związane z dużym rozmiarem głowy protezy.

Pomimo tych zalet, poprzednie generacje ER nie przyjęły się do szerszej praktyki. Problemem były przede wszystkim powikłania odległe, takie jak osteoliza wywołana cząsteczkami polietylenu i związane z nią obłuzowanie implantu. Notowano również złamania szyjki kości udowej operowanej kończyny [10,22].

Najnowsza generacja implantów do ER oparta jest o połączenie metal – metal, które charakteryzuje się korzystnymi właściwościami trybologicznymi i brakiem szkodliwego działania drobin polietylenu [17,23,24]. Komponent udowy mocowany jest za pomocą cementu kostnego, natomiast metalowa panewka jest osadzana w miednicy za pomocą techniki bezcementowej (press-fit). Krótko- i średnioterminowe wyniki ER są bardzo dobre ze względu na wysoką „przeżywalność” protezy i brak konieczności wprowadzania ograniczeń w aktywności pacjentów [21]. Stąd też wyniki te zachęcają do zastosowania metody na szerszą skalę. Należy jednak pamiętać o wadach opisanej metody. Drobinny metal powstające na skutek ścierania komponentów protezy mogą wywoływać okołonaczyniowe nacieki limfocytarne oraz miejscową reakcję zapalną, prawdopodobnie na tle immunologicznym [25,26,27], zaś jony metali mają potencjalne działanie toksyczne oraz karcynogenne [23,28].

## MATERIAŁ I METODY

### *Grupa badana*

Do badania zostali włączeni wszyscy pacjenci, u których pomiędzy 01/08/2005 a 01/05/2006 wykonano ER. Endoprotezoplastykę resurfacyjną proponowano pacjentom przed 60. rokiem życia, biorąc pod uwagę: stan ogólny pacjenta, jakość łoża kostnego, stopień deformacji powierzchni stawowych (na podstawie standardowego rtg miednicy w projekcji AP), wiek, aktywność przed operacją oraz spodziewany stopień aktywności po zabiegu operacyjnym. Pacjenci zostali poinformowani o różnicach między klasyczną całkowitą alloplastyką biodra a endoprotezoplastyką resurfacyjną oraz o zaletach i wadach tej metody.

Początkowo grupę badaną stanowiło 13 pacjentów (8 mężczyzn i 5 kobiet), którzy wyrazili zgodę na ten rodzaj zabiegu. Jednakże jedna z pacjentek nie zgłosiła się na żadne z wyznaczonych badań kontrolnych, w związku z tym została wykluczona z badania. Ostatecznie grupę badaną stanowiło 12 pacjentów (8 mężczyzn i 4 kobiety). Średni wiek w grupie badanej wynosił 45 (10,7) lat (41,5±11,8 lat dla mężczyzn i 52±2,8 lata dla kobiet). Operowano 6 bioder prawych i 6 lewych. Wskazaniem do operacji była pierwotna koksartroza u 9 pacjentów oraz jałowa martwica głowy kości udowej w 3 przypadkach.

### *Kryteria oceny*

Przed zabiegiem (do 7 dni) zbierano dokładny wywiad z pacjentem oraz przeprowadzono szczegółowe badanie lekarskie. Wyniki oceniano wg skali Harrisa. Notowano zakres ruchów kończyn dolnych, ewentualne skrócenie kończyny oraz obecność przykurczów.

most important problems were late complications, such as polyethylene-induced osteolysis with subsequent loosening. Femoral neck fractures were also reported [10,22].

The latest generation of HR implants is based on metal-on-metal bearings which have better tribological properties than metal-on-polyethylene bearings and do not cause polyethylene-induced osteolysis. [17,23,24]. The femoral component is cemented onto the proximal femur, whereas the metal acetabulum is uncemented and is fixed in the pelvis with the press-fit technique. The short- to middle-term outcomes of the HR are very good due to a high implant survival rate and no lifestyle restrictions imposed on the patients [21]. These results encourage a wide application of the HR technique. However, the disadvantages of the method should not be overlooked. Metal debris produced by wear may cause perivascular lymphocytic infiltration and local inflammation, probably of immunological origin [25,26,27], while metal ions are potentially toxic and carcinogenic [23,28].

## MATERIAL AND METHODS

### *The study group*

The study group comprised all patients who underwent hip resurfacing surgery between August 01, 2005, and May 01, 2006. HR was offered to patients less than 60 years of age who were found eligible for this procedure following a detailed assessment of their general health, age, bone bed quality, deformation of hip joint surfaces (evaluated with standard pelvic AP radiographs), current level of activity and expectations regarding activity after surgery. The patients received detailed information regarding the advantages and disadvantages of HR as well as comparison with standard THA surgery.

Initially, the study group included 13 patients (8 males and 5 females) who had consented to the proposed HR surgery. One of the patients did not attend any of the scheduled follow-up visits and was therefore excluded from the study. Consequently, the study group finally comprised 12 patients (8 males and 4 females). The mean age of the patients was 45 (± 10.7) years in the whole group, 41.5 (± 11.8) years for males and 52 (± 2.8) years for females. We operated on 6 right and 6 left hips. The indications for the surgery were: idiopathic osteoarthritis in 9 cases and avascular necrosis of the femoral head in 3 cases.

### *Patient assessment*

During the initial visit, up to 7 days before the surgery, a detailed history was taken and a physical examination was performed. The patients were evaluated according to the Harris Hip Score. Limb length and range of movements of the lower extremities were measured and any existing contractures were noted.

Kontrola pooperacyjna obejmowała wizyty: 6 tygodni po operacji, 3 m-ce po operacji, 6 m-cy po operacji oraz 12 m-cy po operacji. Stan pacjenta oceniano wg skali Harrisa (HHS).

Dane uzyskane podczas wizyty przedoperacyjnej oraz ostatniej wizyty kontrolnej były zapisywane w samodzielnie skonstruowanej bazie danych i zostały następnie podane analizie statystycznej z użyciem testu t-Studenta.

### **Technika operacyjna**

Wszyscy pacjenci byli operowani w znieczuleniu przewodowym, w warunkach sali z nawiewem laminarnym. Pacjenta układano na boku. Do stawu biodrowego docierano z dościa przednio-bocznego wg Hardinga z częściowym odcięciem przyczepu m. pośladowego średniego. Po wykonaniu kapsulotomii dokonywano zwicnięcia stawu biodrowego.

Specjalnymi przymiarami dokonywano pomiaru średnicy głowy oraz szyjki kości udowej (Ryc. 1), następnie pod kontrolą monitora rtg wprowadzano drut kierunkowy. Położenie drutu weryfikowano przy pomocy specjalnego przymiaru. (Ryc. 2) „Pazur” tego przymiaru nie może dotykać do szyjki kości udowej. W przeciwnym przypadku, podczas frezowania bliższego końca kości udowej doszłoby do uszkodzenia warstwy korowej szyjki, co zmuszałoby do konwersji do tradycyjnej CESB. W dalszym etapie operacji wzdłuż drutu kierunkowego wiercono wiertłem kaniulowanym otwór pod tuleję dystansową, po czym, po wprowadzeniu tulei w kość, specjalnymi frezami (Ryc. 3) opracowywano bliższy koniec kości udowej, nadając mu kształt odpowiedni do stosowanej protezy (Ryc. 4).

Następnie opracowany koniec bliższy kości udowej zabezpieczano przymiarową „kapą” i przystępowano do przygotowania panewki za pomocą reamerów w sposób typowy dla endoprotezoplastyki bezcementowej. Panewkę protezy mocowano na zasadzie press-fitowej. Nastawiano próbnie staw, po czym usuwano próbny komponent głowowy i na cementie kostnym mocowano metalową głowę protezy. Wszystkim pacjentom wszczepiono implanty ReCap™ firmy Biomet®. Płukano ranę, kontrolowano hemostazę i zaszywano torbę stawową oraz zamykano ranę operacyjną szwami warstwowymi.

The follow-up included visits at 6 weeks postoperatively and then at 3, 6 and 12 months after the surgery. The patients were assessed and the results were scored according to HHS. The findings of the initial and last follow-up visits were recorded in a self-devised database and were subjected to further statistical analysis with the Student t-test.

### **Surgical technique**

All of the patients were operated on under spinal anaesthesia. The surgery was carried out in a laminar air flow theatre with the patient in the lateral decubitus position. The hip joint was exposed via the anterolateral (Harding) approach. The insertion of the gluteus medius was partially dissected, following which a capsulotomy was performed and the hip was dislocated.

The diameter of the femoral head and neck was measured with special gauges (Fig. 1). Then a guide wire was introduced into the proximal femur under fluoroscopic control. The correct positioning of the guide wire was verified with a special neck alignment guide (Fig. 2). The tip of the guide must not touch the femoral neck; otherwise, notching of the neck may occur during proximal femur preparation which would necessitate performing a standard THA instead of the HR procedure. Next, a cannulated drill was placed over the guide wire and advanced into the femoral head. The cannulated drill and guide wire were then removed and a guide rod was inserted into the hole. The next step involved preparation of the proximal femur with special reamers (Fig. 3) until the required shape was achieved (Fig.4).

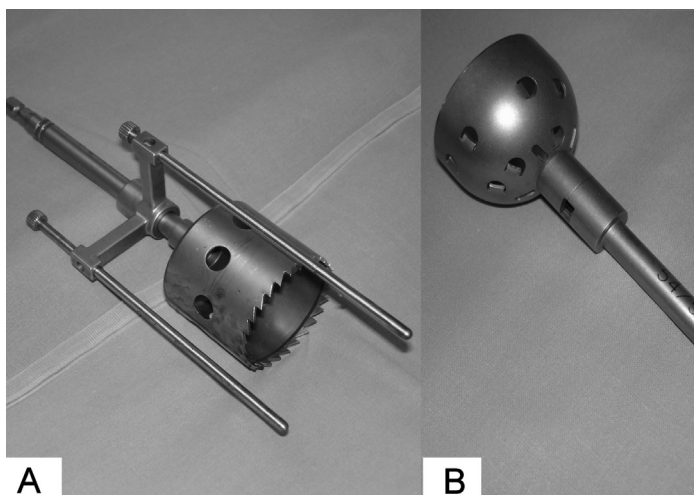
The prepared proximal femur was covered with a trial "cap" for protection and acetabular preparation was carried out with the standard technique used for uncemented total hip replacement. The fixation of the acetabular component within the bone bed was achieved with the press-fit method. After the acetabulum had been firmly set in place, a trial reduction was performed. The hip was then redislocated, the trial component removed and a cemented metal femoral component was introduced onto the bone. All of



Ryc. 1. Przymiar do oceny średnicy głowy i szyjki kości udowej  
Fig. 1. Femoral gauge for assessing diameter of the femoral head and neck



Ryc. 2. Ocena położenia drutu kierunkowego. Weryfikacja, czy frez nie spowoduje uszkodzenia kości korowej szyjki kości udowej  
Fig. 2. Verification of the correct positioning of the guide wire with a special neck alignment guide, done to prevent damage to cortical bone in the femoral neck



Ryc. 3. Frezy do resekcji bliższego końca kości udowej (A – półokrągły do resekcji na odpowiednią grubość; B – hemisferyczny do nadania odpowiedniego kształtu)  
Fig. 3. Reamers used for preparation of the proximal femur (A – cylindrical, for resection to the desired diameter; B – hemispherical, for the final shaping)



Ryc. 4. Bliższy koniec kości udowej po opracowaniu frezami  
Fig. 4. The shape of the proximal femur after reaming

Pacjenci otrzymywali profilaktykę przeciwzakrzepową (Enoxaparynę 1 x 40 mg podskórną 12 godzin przed zabiegiem operacyjnym, 8-12 godz. po operacji, a następnie 1 raz dziennie przez okres 6 tygodni) oraz antybiotykową (Cefazolina 3 x 1,0 iv) przez 5 dni. Pionizacja pacjenta następowała w 1. dobie po zabiegu. Pacjentom zezwalano na pełne obciążanie kończyny, jednakże zalecano stosowanie 2 kul łokciowych przez okres 2-3 tygodni, a następnie jednej kuli przez następne 2-3 tygodni [29].

## WYNIKI

Okres obserwacji pacjentów wynosił średnio 24,7 tygodnia (od 6 do 52 tygodni). W badanej grupie 12 pacjentów nie odnotowano powikłań śródoperacyjnych, infekcji, porażen nerwów obwodowych, zwichnięć operowanego stawu ani jawnej klinicznie zakrzepicy żyłnej operowanej kończyny. Średni czas trwania zabiegu operacyjnego (liczony od nacięcia skóry do założenia opatrunku) wynosił 163 (17) minuty.

W trakcie obserwacji pooperacyjnej nie odnotowano przypadków złamania szyjki kości udowej lub wczesnego obluzowania implantu. Wszyscy pacjenci podawali znaczną subiektywną poprawę oraz ustąpienie lub znaczne zmniejszenie dolegliwości bólowych. Wynik leczenia (wg skali Harrisa) uznaliśmy za bardzo dobry w 8 przypadkach i dobry w 4 przypadkach, przy czym jedna z pacjentek z wynikiem dobrym, badana w 6. tygodniu po operacji, pomimo prawidłowej siły mięśniowej oraz braku dolegliwości przy chodzeniu, posługiwała się nadal jedną kulą łokciową, twierdząc, że daje jej to poczucie bezpieczeństwa, co doprowadziło do zaniżenia wyniku w podskali funkcji kończyny. Należy podkreślić, że nie odnotowano wyników złych ani zadowalających.

Ocena stanu pacjentów wg skali Harrisa ujawniła poprawę ze średnio 57,7 (20,1) pkt. przed operacją do średnio 87,7 (12) punktów po zabiegu. Poprawa dotyczyła zarówno podskali bólu, jak również funkcji. Zanotowano także niewielką poprawę w podskali ruchomości, przy czym w tym ostatnim przypadku różnica nie była statystycznie znamienna. (Tabela 1) Wszyscy chorzy, poza opisaną wyżej jedną pacjentką, podczas ostatniej wizyty kontrolnej chodzili bez kul z pełnym obciążeniem operowanej kończyny.

the patients received ReCap™ implants manufactured by Biomet®. After copious irrigation, the joint capsule and the insertion of gluteus medius muscle were sutured, haemostasis controlled and the wound was closed in layers.

All of the patients received antimicrobial prophylaxis (Cephazolin 1.0 iv thrice daily for 5 consecutive days) and thromboprophylaxis with subcutaneous injections of 40 mg of Enoxaparin 12 hours before the operation, 8-12 hours postoperatively and then once daily for 6 weeks. The patients resumed walking activities on the 1st postoperative day. Full weight-bearing was allowed but the patients were advised to use two forearm crutches for 2-3 weeks and then one crutch for another 2-3 weeks [29].

## RESULTS

The mean follow-up period was 24.7 (range: 6 to 52) weeks. We did not observe intraoperative complications, infections, peripheral nerve injuries, hip dislocations, or clinically overt venous thrombosis of the operated limb in any of the 12 patients. The mean duration of surgery (from skin incision to wound dressing) was 163 ( $\pm$  17) minutes.

During the post-operative follow-up there were no femoral fractures or early implant loosening. All of the patients reported a significant improvement in their overall health as well as complete or major pain relief. The outcomes of treatment, evaluated according to the HHS, were rated as very good in 8 cases and as good in 4 cases. However, one of the female patients with outcome rated as good still used one crutch at the 6-week follow-up visit despite normal hip muscle strength and lack of complaints because, according to her report, she felt safer with the crutch. Consequently, her function subscore was decreased. It should be stressed that none of our patients had satisfactory or poor results.

Patient assessment revealed that the HHS had improved, on average, from 57.7 ( $\pm$  20.1) points preoperatively to 87.7 ( $\pm$  12) points after the surgery. The improvement was noted in both the pain and the function subscores. Some improvement was also noted in the range of movements but it was not statistically significant (Table 1). When reviewed at the latest follow-up, all patients walked without crutches with full weight-bearing except for the aforementioned woman.

Tab. 1. Porównanie stanu pacjentów przed i po operacji na podstawie skali Harrisa

Tab. 1. Patients' pre-operative and post-operative HHS scores

	HHS wynik całkowity HHS total score	HHS podskala bólu HHS pain subscore	HHS podskala funkcji HHS function subscore	HHS podskala ruchomości HHS mobility subscore
Przed operacją Prior to surgery	57.7 (? 20.1)	21.7 (? 9.8)	27.7 (? 13.1)	87.9 (? 15.0)
Po operacji After surgery	87.7 (? 12.0)	40.3 (? 5.4)	38.8 (? 8.3)	91.5 (? 8.5)
p	<0.03	< 0.01	<0.05	>0.05

## DYSKUSJA

Uzyskane wczesne rezultaty całkowitej endoprotezo-  
plastyki biodra odtwarzającej powierzchnie stawowe są  
bardzo zachęcające. Są one zbliżone z obserwacjami in-  
nych autorów [21,29], którzy również odnotowali dobre  
wyniki kliniczne i znikomą liczbę powikłań wczesnych.  
Współczynnik przeżywalności implantu w tych badaniach  
był bardzo wysoki i sięgał ponad 98%. Wyniki nowocze-  
snej ER są o wiele lepsze niż te osiągnięte w przeszłości  
[10,22]. Również badania nad migracją protezy z zastoso-  
waniem analizy radiostereofotogramometrycznej (RSA)  
wykazały jedynie nieznaczne, mniejsze niż w CESB, prze-  
mieszczenia implantów w okresie 2 lat obserwacji [30].  
Wydaje się więc, że zostały wyeliminowane czynniki któ-  
re były odpowiedzialne za wcześniejsze niepowodzenia  
ER. Należy jednak pamiętać, że okres obserwacji w wy-  
mienionych badaniach nie przekraczał 10 lat. Zatem, w od-  
różnieniu od klasycznej CESB, nie wiemy jakie będą długo-  
terminowe efekty leczenia tą metodą.

W badanej grupie pacjentów czas operacji był znaczą-  
co dłuższy niż klasycznej bezcementowej CESB, co moż-  
na powiązać z bardziej skomplikowaną techniką chirur-  
giczną – stosowaniem dodatkowych przymiarów, koniecz-  
nością weryfikacji, a nierzadko korekty położenia drutu  
kierunkowego oraz stosowaniem specjalnych frezów do  
opracowania kości udowej. Ponadto zachowana szyjka ko-  
ści udowej utrudniała wprowadzanie frezów panewko-  
wych co wpływało niekorzystnie na czas opracowywania  
panewki kostnej. Dane z literatury na ten temat są nieliczne  
i wzajemnie sprzeczne, Schmalzried i wsp. [22] określa  
średni czas zabiegu na 247 minut, podczas gdy Treacy  
i wsp. [29] podaje 30 minut.

Według danych z piśmiennictwa zwichnięcia ER wy-  
stępują bardzo rzadko, niektórzy autorzy [20,21,29] w ogó-  
le nie zaobserwowali tego powikłania, co ma wynikać z du-  
żej średnicy głowy protezy [21,31]. Jednakże w odczuciu  
autorów, dla zachowania stabilności protezy, nie należy  
wycinać torby stawowej, a po osadzeniu protezy należy ją  
zeszyć. Nasze stanowisko różni się od prezentowanego  
przez Treacy i wsp. [29] oraz Amstutz i wsp. [32], którzy  
wycinają całość lub tylną część torby stawowej. Być moż-  
e odmienne stanowisko w tej kwestii wynika z faktu, że  
do stawu biodrowego docieramy z dojscia Hardinga, pod-  
czas gdy wymienieni wyżej autorzy stosują dojscie tylne.

Endoprotezo-  
plastyka odtwarzająca powierzchnie stawa-  
wowe biodra niewątpliwie posiada liczne zalety. Jednakże  
nie można zapominać o potencjalnych wadach tej metody.  
Połączenie metal – metal, które przyczyniło się do do-  
brych wyników wczesnych i średnioterminowych ER, jest  
stosowane na szerszą skalę stosunkowo od niedawna. Nie  
można zatem wykluczyć, że w przyszłości ujawnią się  
na dużą skalę wady tego typu artykulacji związane np. ze  
zużyciem mechanicznym (ścieraniem), korozją elektroche-  
miczną lub działaniami toksycznymi jonów metali, które  
doprowadzą do zarzucenia tej metody leczenia zmian  
zwyrodnieniowych stawu biodrowego.

W chwili obecnej największe obawy badaczy budzi  
długotrwała ekspozycja organizmu na metale wchodzące

## DISCUSSION

The early treatment results of hip resurfacing in our  
study group are very encouraging. They are consistent  
with the findings of other authors [21,29], who also report-  
ed good clinical outcomes and minimal incidence of early  
complications. The implant survival ratio reported in these  
studies was very high (up to 98%) and the results of mod-  
ern HR are much better than in the past [10,22]. Radio-  
stereophotogrammetric analysis (RSA) revealed only min-  
imal implant migration (less than in THA implants) after  
two years of follow-up [30]. Thus, it seems that the factors  
responsible for the failure of earlier hip resurfacing designs  
have been eliminated. It must be borne in mind, however,  
that the follow-up period in the aforementioned study was  
less than 10 years. Thus, unlike standard THA, we do not  
know the long-term outcomes of hip resurfacing.

Surgery time was significantly longer in our study group  
than in the case of uncemented THA. This might be attrib-  
uted to more demanding and complicated surgical tech-  
nique which requires the use of special guides, reamers  
and gauges, verification of positioning and, often, realign-  
ment of these guides. Also, the preserved femoral neck  
obstructs access to the acetabulum, thereby prolonging ace-  
tabular reaming. Literature data on this subject are scarce  
and contradictory. In a study by Schmalzried et al. [22],  
average surgery time was 247 minutes, whereas Treacy et  
al. [29] report surgery duration of 30 minutes.

According to various studies, dislocation of HR  
implants is an extremely rare event; some authors [20, 21,  
29] have never noted a single case of this complication,  
which is attributed to the large diameter of the implants  
[21, 31]. However, in our experience, the joint capsule  
should not be resected and should be sutured at the end of  
the operation in order to enhance stability of the implants.  
Our opinion differs from the views presented by Treacy et  
al. [29] and Amstutz et al. [32], who excise the posterior  
part or even the whole joint capsule. This discrepancy of  
opinion possibly stems from the fact that we use the Hard-  
ing approach to access the hip joint, whereas the afore-  
mentioned authors prefer the posterior approach.

Undoubtedly, hip resurfacing has many advantages.  
Nevertheless, its potential downsides must not be over-  
looked. Metal-on-metal bearings, which contribute greatly  
to the excellent short- to medium-term outcomes of HR,  
have not been widely used for a long period of time. There-  
fore, one cannot exclude the possibility of a high incidence  
of complications with this articulation type in the future  
(e.g. associated with wear particles, electrochemical corro-  
sion and toxic effect of metal ions) that will force surgeons  
to abandon this method of treatment for hip osteoarthritis.

At the present, it is the long-term exposure to metal  
ions that raises the most concern [24]. In small quantities,  
the metals used for the production of hip implants, such as  
chromium, cobalt and molybdenum are required for nor-  
mal function of the human body. However, in large con-  
centrations they may produce both local (osteolysis) and  
systemic (organ toxicity and carcinogenesis) toxic effects  
[23,28].

w skład protezy (chrom, kobalt, molibden) [24]. Metale te, chociaż niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego, w dużych stężeniach mogą wywoływać efekty toksyczne zarówno miejscowo (osteoliza), jak i ogólnie (toksyczność narządowe, karcynogeneza) [23,28].

Obecnie brak jednoznacznych danych, czy stwierdzane *in vitro* toksyczne działanie wymienionych wyżej jonów metali potwierdza się w warunkach *in vivo*. Istnieją doniesienia, [33,34] z których wynika, że istnieje sprawny system nerkowej eliminacji tychże jonów. W jednej z tych publikacji Daniel i wsp. [34] porównywali poziomy kobaltu i chromu we krwi u osób, którym wszczepiono endoprotezę resurfacyjną BHR™ firmy Midland Medical oraz u pacjentów z wszczepioną klasyczną endoprotezą biodra Metasul™ firmy Sulzer Orthopaedics®. Badacze ci wykazali brak istotnej statystycznie różnicy pomiędzy obiema grupami.

Wyniki dotyczące wpływu artykulacji metal-metal na częstość występowania nowotworów również nie są jednoznaczne. Pomimo, że wyniki wspomnianych powyżej prac teoretycznych i eksperymentów na zwierzętach sugerują, iż jony metali mają właściwości karcynogenne to dane pochodzące z obserwacji dużych grup pacjentów po przebytych zabiegach endoprotezoplastyki stawu biodrowego i kolanowego nie wykazały wzmożonej zapadalności na nowotwory u tych pacjentów, chociaż istnieją doniesienia o zwiększonym ryzyku nowotworów układu chłonnego [35,36,37].

Istnieją coraz liczniejsze doniesienia na temat metalozy będącej konsekwencją zastosowania artykulacji metal-metal [25,26,27,38]. Autorzy tych prac przeprowadzali badania histologiczne tkanek okołoprotezowych pobranych w trakcie zabiegów rewizyjnych. Wykazały one okołonaczyniowe nacieki limfocytarne oraz skupiska komórek plazmatycznych i makrofagów zawierających drobiny metalu będącego produktem ścierania. Obraz ten, odpowiadający reakcji alergicznej typu IV (opóźnionego) na metal, został opisany przez Willerta i wsp. [25] jako zmiany związane z aseptycznym limfocytarnym zapaleniem naczyń (ang. Aseptic Lymphocytic Vasculitis-Associated Lesion), w skrócie ALVAL.

Limfocyty stymulowane przez produkty ścierania metalowych powierzchni implantu uwalniają potężne cytokiny prozapalne, takie jak IL-2, IFN-, które hamują aktywność osteoblastów i aktywują osteoklasty. Może to wywoływać osteolizę wokół wszczepu i w konsekwencji jego obluźnianie [39]. Jednakże złożone uwarunkowania i kliniczne implikacje tego procesu nie zostały dokładnie poznane [27,39].

Kontrowersyjna pozostaje kwestia zastosowania ER w przypadku ubytków w obrębie bliższego końca kości udowej, zwłaszcza u pacjentów z udokumentowaną jałową martwicą głowy kości udowej. Są autorzy stosujący ER u takich chorych, pomimo, iż wiąże się to ze znacząco wyższym odsetkiem powikłań i krótszą przeżywalnością implantu [32].

Należy również wspomnieć, iż zabiegi rewizyjne w przypadku niepowodzenia ER będą różniły się od tych przeprowadzanych po CESB. Będą one wymagały zastosowania tzw. „mega głów” o rozmiarach dopasowanych do średnicy panewki, czyli zwykle powyżej 36mm. Jed-

Currently we lack data that would clearly show if the toxic effects of metal ions revealed in *in vitro* studies will also occur *in vivo*. There are reports [33,34] suggesting that these ions are efficiently eliminated via the renal route. In one study [34], Daniel et al. compared blood levels of cobalt and chromium between patients who received a Birmingham Hip Resurfacing™ (Midland Medical®) implant and those who underwent THA with a Metasul™ (Sulzer Orthopaedics®) implant. The study showed that there were no statistically significant between-group differences in ion concentrations.

Studies of the relationship between metal-on-metal bearings and the incidence of neoplasms have not yielded unequivocal results either. Laboratory experiments and animal studies suggest that metal ions have carcinogenic properties but large observational studies of patients who underwent hip or knee replacement surgery did not reveal an increased incidence of cancer. There are some findings, though, that suggest an increased risk of lymphatic system malignancies related to metal implants [35,36,37].

Hip metallosis due to implantation of metal-on-metal bearings has been reported more and more often [25,26,27,38]. The authors of these reports carried out histological examinations of samples of periprosthetic tissues obtained at revision surgery. There were perivascular lymphocytic infiltrations and accumulation of macrophages with inclusions of metal wear particles. These findings were consistent with type IV delayed hypersensitivity to metal and were described by Willert et al. [25] as the Aseptic Lymphocytic Vasculitis-Associated Lesion (ALVAL).

When stimulated by products of metal wear, lymphocytes release potent inflammatory cytokines, such as IL-2 and IFN-, which inhibit osteoblasts and stimulate osteoclasts. This might be responsible for periprosthetic osteolysis and subsequent implant loosening [39]. However, the clinical implications of this complicated process have not been sufficiently elucidated [27,39].

The indications for hip replacement surgery in patients with bone defects within the proximal femur remain controversial, especially in cases related to avascular necrosis of the femoral head. There are surgeons who perform HR surgery on such patients, although a considerably higher risk of complications and decreased implant survival has been reported [32].

Finally, it is worth mentioning that revision surgery after failed hip resurfacing will be different from revisions for failed THAs and will require the use of so-called "jumbo heads" in order to match the cup diameter, which is usually greater than 36 millimeters. Authors who have used such heads for recurrent dislocations of hip prostheses appreciate these large heads very much [40] and do not report technical problems with implantation of these devices, whereas the large head diameter enhances joint stability [41].



nakże autorzy, stosujący duże głowy w zabiegach rewizyjnej CESB przeprowadzanych z powodu nawrotowych zwicnięć protezy [40] cenią sobie tego typu wszczepy i nie opisują szczególnych problemów technicznych związanych z implantacją, zaś duże rozmiary głów wpływają korzystnie na stabilność stawu [41].

## WNIOSKI

1. Endoprotezoplastyka odtwarzająca powierzchnie stawowe biodra wydaje się być godną polecenia metodą operacyjnego leczenia pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawu biodrowego.
2. Największe korzyści z zastosowania Endoprotezoplastyki Resurfacyjnej mogą osiągnąć młodzi aktywni pacjenci, u których jest ona pierwszym zabiegiem alloplastyki, pozwalającym znacząco odroczyć operację CESB, którą można wykonać w okresie późniejszym jako operację rewizyjną przy już zaimplantowanej komponentce panewkowej.
3. Oceniając wyniki ER należy zachować krytycyzm, mając na uwadze poprzednie niepowodzenia metody. Brak dostatecznie dużej ilości obserwacji wieloletnich (> 10 lat od implantacji) skłania do ostrożnej interpretacji tych wyników.

## CONCLUSIONS

1. Hip resurfacing surgery seems to be an advisable option for the surgical management of patients with hip osteoarthritis.
2. The procedure will yield the greatest benefits to young active patients undergoing their first arthroplasty procedure. In those patients, HR will postpone Total Hip Replacement surgery, which will be performed at a much later time with the acetabular component already in place.
3. The results of hip resurfacing should be assessed cautiously as past attempts to introduce this method resulted in failure. Moreover, the few data available on long-term follow-up (of more than 10 years) dictate caution.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Smith-Petersen MN. Evolution of mould arthroplasty of the hip joint. [przedruk w Clin Orthop Relat Res 1978; 134:5-11] J Bone Joint Surg Br 1948; 30B:59 .
2. Charnley J. Total hip replacement by low-friction arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 1970;72:7-21.
3. Charnley J. The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention. J Bone Joint Surg Br 1972; 54(1):61-76.
4. Harris WH. Osteolysis and particle disease in hip replacement: a review. Acta Orthop Scand 1994;65:113-23.
5. Harris WH. Wear and Periprosthetic Osteolysis: The Problem. Clin Orthop Relat Res 2001;393:66-70.
6. Bankston AB, Cates H, Ritter MA, Keating EM, Faris PM. Polyethylene wear in total hip arthroplasty, Clin Orthop 1995;317:7-13.
7. Townley CO. Hemi and total articular replacement arthroplasty of the hip with the fixed femoral cup. Orthop Clin North Am 1982;13:869-94.
8. Amstutz HC, Graff-Radford A, Gruen TA, Clarke IC. THARIES surface replacements: a review of the first 100 cases, Clin Orthop 1978;134:87-101.
9. Capello W, Ireland P, Trammel T, Eicher P. Conservative total hip arthroplasty: a procedure to conserve bone stock: part I: analysis of sixty-six patients: part II: analysis of failures. Clin Orthop 1978;134:59-74.
10. Amstutz HC, Dorey F, O'Carroll PF. THARIES resurfacing arthroplasty. Evolution and long-term results. Clin Orthop Relat Res 1986;213:92-114.
11. Wagner H. Surface replacement arthroplasty of the hip. Clin Orthop 1978;134:102-130.
12. Wroblewski BM. Charnley Low-Friction Arthroplasty of the Hip: Long-Term Results. Clin Orthop Relat Res 1993;292:191-201.
13. Schulte KR, Callaghan JJ, Kelley SS, Johnston RC. The outcome of Charnley total hip arthroplasty with cement after a minimum of twenty-year follow-up. [errata opublikowana w J Bone Joint Surg Am 1993;75:1418] J Bone Joint Surg Am 1993;75(7):961-75.
14. Dorr LD, Kane TJ 3rd, Conaty JP. Long-term results of cemented total hip arthroplasty in patients 45 years old or younger: a 16-year follow-up study. J Arthroplasty 1994;9:453-6.
15. Joshi AB, Porter ML, Trail IA, Hunt LP, Murphy JC, Hardinge K. Long-term results of Charnley low-friction arthroplasty in young patients. J Bone Joint Surg Br 1993;75:616-23.
16. Wroblewski BM, Siney PD, Fleming PA. Charnley low (fictional torque arthroplasty in the young patient: factors affecting the outcome. J Bone Joint Surg Br 2000;82 Suppl 2:S123-4.
17. Kobayashi S, Ettekhar NS, Terayama K, Joshi RP. Comparative study of total hip arthroplasty between younger and older patients. Clin Orthop 1997;339:140-51.
18. Dowdy PA, Rorabeck CH, Bourne RB. Uncemented total hip arthroplasty in patients 50 years of age or younger. J Arthroplasty 1997;12:853-62.

19. Crowther JD, Lachiewica PF. Survival and polyethylene wear of porous-coated acetabular components in patients less than fifty years old: results at nine to fourteen years. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:729-35.
20. McMinn D, Treacy R, Lin K, Pynsent P. Metal on metal surface replacement of the hip: experience of the McMinn prosthesis. *Clin Orthop* 1996;329 Suppl:89-98.
21. Daniel J, Pynsent PB, McMinn D. Metal-on-metal resurfacing of the hip in patients under the age of 55 years with osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:177-84.
22. Schmalzried TP, Fowble VA, Ure KJ, Amstutz HC. Metal on metal surface replacement of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 1996; 329S:106S-114S.
23. Amstutz HC, Grigoris P. Metal on Metal Bearings in Hip Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1996; 329 Supplement: S11-S34.
24. MacDonald SJ. Metal-on-metal total hip arthroplasty: the concerns. *Clin Orthop Relat Res* 2004;429:86-93.
25. Willert HG, Buchhorn GH, Fayyazi A, Flury R, Windler M, Köster G et al. Metal-on-Metal Bearings and Hypersensitivity in Patients with Artificial Hip Joints. A Clinical and Histomorphological Study. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:28-36.
26. Milosev I, Trebse R, Kovac S, Cör A, Pisot V. Survivorship and Retrieval Analysis of Sikomet Metal-on-Metal Total Hip Replacements at a Mean of Seven Years. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:1173-1182.
27. Davies AP, Willert HG, Campbell PA, Learmonth ID, Case CP. An Unusual Lymphocytic Perivascular Infiltration in Tissues Around Contemporary Metal-on-Metal Joint Replacements. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:18-2.
28. Heath JC; Freeman MA; and Swanson SA: Carcinogenic properties of wear particles from prostheses made in cobalt-chromium alloy. *Lancet*, 1971;1:564-6.
29. Treacy RBC, McBryde CW, Pynsent PB. Birmingham hip resurfacing arthroplasty *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:167-71.
30. Itayem R, Arndt A, Nistor L, McMinn D, Lundberg A. Stability of the Birmingham hip resurfacing arthroplasty at two years. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:158-162.
31. Amstutz HC, Le Duff MJ, Beaulé PE. Prevention and treatment of dislocation after total hip replacement using large diameter balls. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;429:108-16.
32. Amstutz HC, Beaulé PE, Dorey FJ, Le Duff MJ, Campbell PA, and Gruen TA. Metal-on-Metal Hybrid Surface Arthroplasty: Two to Six-Year Follow-up Study. *J. Bone Joint Surg. Am*. 2004;86:28-39.
33. Back DL, Young DA, Shimmin AJ. How do serum cobalt and chromium levels change after metal-on-metal hip resurfacing? *Clin Orthop Relat Res* 2005;438:177-81.
34. Daniel J, Ziaee H, Salama A, Pradhan C, McMinn DJW. The effect of the diameter of metal-on-metal bearings on systemic exposure to cobalt and chromium. *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88:443-48.
35. Tharani R, Dorey, FJ, Schmalzried, TP. The Risk of Cancer Following Total Hip or Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:774-780.
36. Visuri T, Pukkala E, Paavolainen P, Pulkkinen P, Riska EB. Cancer risk after metal on metal and polyethylene on metal total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 1996;329 Suppl:S280-9.
37. Paavolainen P, Pukkala E, Pulkkinen P, Visuri T. Cancer incidence in Finnish hip replacement patients from 1980 to 1995: a nationwide cohort study involving 31,651 patients. *J Arthroplasty* 1999;14:272-80.
38. Korovessis P, Petsinis G, Repanti M, Repantis T. Metallosis After Contemporary Metal-on-Metal Total Hip Arthroplasty. Five to Nine-Year Follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:1183-1191.
39. Jacobs JJ, Hallab NJ. Loosening and Osteolysis Associated with Metal-on-Metal Bearings: A Local Effect of Metal Hypersensitivity? *J. Bone Joint Surg Am* 2006;88:1171-1172.
40. Beaulé PE, Schmalzried TP, Udomkiat P, Amstutz HC. Jumbo Femoral Head for the Treatment of Recurrent Dislocation Following Total Hip Replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:256-263.
41. Berry DJ, von Knoch M, Schleck CD, Harmsen WS. Effect of Femoral Head Diameter and Operative Approach on Risk of Dislocation After Primary Total Hip Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:2456-2463.