



VIA MEDICA

www.fr.viamedica.pl

Łukasz Sieczka, Andrzej Bohatyrewicz, Szymon Pituch

Katedra i Klinika Ortopedii, Traumatologii i Onkologii Narządu Ruchu SKSP1 PUM w Szczecinie

Endoprotezy stawów biodrowych wczoraj i dziś

Protheses of the hip arthroplasty yesterday and today

STRESZCZENIE

Endoprotezoplastyka stawu biodrowego jest w XXI wieku złotym standardem leczenia zaawansowanych zmian destrukcyjnych stawów biodrowych w przebiegu wielu jednostek chorobowych. Co czwarta osoba w starszym wieku będzie miała objawy choroby zwyrodnieniowej stawu biodrowego w trakcie swojego życia, a co dziesiąta przejdzie operację całkowitej endoprotezoplastyki tego stawu. Początki leczenia za pomocą alloplastyki stawu biodrowego sięgają XIX wieku, lecz główny rozwój

tego sposobu leczenia to poprzednie stulecie. Wielcy mistrzowie chirurgii jak sir John Charnley, Austin Moore czy Peter Ring inspirują kolejne pokolenia ortopedów do udoskonalania leczenia sposobem alloplastyki i pozwalają przywracać sprawność osobom, które w skutek procesu chorobowego zapomniały, jak można poruszać się swobodnie i bez dolegliwości bólowych.

Forum Reumatol. 2017, tom 3, nr 4: 216–221

Słowa kluczowe: alloplastyka stawu biodrowego; staw biodrowy; historia endoprotez stawu biodrowego

DEFINICJA I EPIDEMIOLOGIA

Endoprotezoplastyka, zwana również alloplastyką stawu biodrowego, to operacja, w której usuwa się zniszczone powierzchnie stawowe wraz z sąsiadującymi fragmentami kości i zastępuje je elementami sztucznymi, które tworzą nowy, chociaż sztuczny staw. Jest to obecnie najskuteczniejsza metoda leczenia u chorych ze znaczną destrukcją powierzchni stawowych w przebiegu reumatoidalnego zapalenia stawów (RZS), choroby zwyrodnieniowej stawów (ChZS), jałowej martwicy głowy kości udowej, dysplazji stawów biodrowych czy wtórnych pourazowych zmian zwyrodnieniowych. Badania pokazują, że co czwarta osoba w starszym wieku będzie miała pełne objawy choroby zwyrodnieniowej stawu biodrowego. Jednak tylko co dziesiąty chory zdecyduje się na całkowitą endoprotezę stawu biodrowego (THA, *total hip arthroplasty*) [1, 2]. Liczba tego typu zabiegów rośnie każdego roku w miarę starzenia się społeczeństwa. Tylko 2% chorych na RZS ma pierwotnie zajęte stawy biodrowe, jednak w miarę postępu choroby liczba osób

zgłaszających się do reumatologa z bólami tego stawu istotnie się zwiększa [3].

PIERWSZE PRÓBY LECZENIA STAWU BIODROWEGO

Leczenie przy użyciu endoprotez stawu biodrowego zapoczątkowano w XIX wieku [4]. Operacje z użyciem endoprotez były pierwotnie stosowane do leczenia zmian zwyrodnieniowych w obrębie stawu biodrowego. Pierwszą alloplastykę z wycięciem chorego stawu wykonał Anthony White w londyńskim szpitalu w 1821 roku. Nigdy jednak nie opublikował wyników swojej operacji [4]. Operacja miała na celu zmniejszyć ból i zachować ruchomość stawu, ale kosztem jego stabilności. Ideę kontynuował John Rhea Barton, który w 1826 roku przeprowadził zabieg osteotomii u chorego z zeszywnieniem stawu biodrowego (ankylozą) i opublikował opis swoich działań [5]. Celem operacji było przywrócenie ruchów między zniszczonymi powierzchniami chrząstki tworzącymi uszkodzony staw i tym samym poprawa jego ruchomości. Manipulując koń-

Adres do korespondencji:
dr n. med. Łukasz Sieczka
Katedra i Klinika Ortopedii,
Traumatologii i Onkologii
Narządu Ruchu
SKSP1 PUM w Szczecinie
ul. Unii Lubelskiej 1
71–252 Szczecin
tel.: 91 425 32 39
email: skyluker@gmail.com

czyną w 20. dobie pooperacyjnej, dowiódł, że ciągły ruch zapobiega powstawaniu zrostu kości i tym samym wykorzystał w leczeniu powstały staw rzekomy.

Chirurdzy starając się zmniejszyć dolegliwości bólowe u swoich chorych, próbowali pokrywać zniszczone powierzchnie stawowe różnego rodzaju materiałami, zarówno organicznymi, jak i nieorganicznymi. Stosowano świński pęcherz moczowy, celulozoid, płytki ze srebra czy cynku. Wykonywano również interpozycje struktur okołostawowych i pokrywano nimi uszkodzoną chrząstkę, wykorzystując powięź szeroką, tkankę tłuszczową czy mięśnie [6, 7].

POŁOWICZE ENDOPROTEZY STAWU BIODROWEGO

Rozwój anestezjologii i coraz bardziej powszechne znieczulenia pozwoliły wydłużyć czas zabiegu i zastosować bardziej skomplikowane rozwiązania. Pierwszy implant stawu biodrowego wprowadził berliński prof. Themistocles Gluck w 1891 roku [8]. Wykorzystał głowę i panewkę stawu biodrowego utworzoną z kości słoniowej, mocując je za pomocą niklowanych śrub. Efekty bezpośrednio po operacji były bardzo zadowalające. Podczas dłuższej obserwacji okazało się jednak, że przyczyną ostatecznego niepowodzenia stała się miejscowa infekcja. Przyjmuje się, że to właśnie prof. Gluck użył po raz pierwszy w 1902 roku określenia „artroplastyka”. W 1895 roku Robert Jones użył złotej folii do odtworzenia powierzchni stawowych, dzięki której udało się utrzymać ruchomość stawu przez ponad 20 lat [9].

Prawdziwym krokiem milowym w rozwoju alloplastyki stawu biodrowego było zastosowanie po raz pierwszy w 1923 roku przez Smitha-Petersena szklanej nakładki w kształcie czapki pokrywającej odpowiednio do tego przygotowaną głowę kości udowej. Szkło było jednak bardzo kruche i nieprzystosowane do przeniesienia tak dużych obciążeń jak ciężar dorosłego człowieka. Eksperymentowano w kolejnych latach, próbując znaleźć odpowiednio wytrzymałą formę na pokrycie głowy kości udowej z takimi materiałami, jak: viscaloid (1925 r.), pyrex (1933 r.), bakelite (1937 r.) [10]. Jedne z nich były za cienkie, inne za grube. Problemem była również nienajlepsza wytrzymałość stosowanych nakładek [10].

Piętnaście lat później, Smith-Peterson dowiedział się przypadkiem od swojego osobistego stomatologa Johna Cooka o badaniach doktora Venable nad specjalnym stopem kobaltu, molibdenu i chromu zwany Vitallium.

Szybko wprowadził nowość z rynku stomatologicznego u swoich chorych i zastąpił stosowane dotychczas szklane nakładki stopem Vitallium [11]. Od tego momentu, rekonstrukcja głowy kości udowej metodą Smith-Petersena stała się złotym standardem leczenia schorzeń stawu biodrowego stosowanym przez wiele lat. Jakże musieli się zdziwić lekarze szpitalnego oddziału ratunkowego w Cork, gdy na ich izbę przyjęć przywieziono 91-letnią chorą po urazie prawego stawu biodrowego. Po wykonaniu zdjęcia RTG, irlandzcy ortopedzi stwierdzili w drugim, niebolesnym stawie biodrowym funkcjonującą endoprotezę zbudowaną na bazie stopu Vitallium po 62 latach od pierwotnej operacji [12].

Po zakończeniu II wojny światowej rozpoczął się kolejny etap badań mający na celu stworzenie trwałej endoprotezy stawu biodrowego. W 1948 roku bracia Robert i Jean Judet zastosowali protezę głowy kości udowej z hartowanego akrylu, która okazała się szczególnie wytrzymała na zużycie [13]. Metoda nie była doskonała, gdyż towarzyszyły jej powikłania w postaci destrukcji otaczającej kości, prowadzące do obłuzowania endoprotezy oraz odczyny zapalne w tkankach. Jednakże okres przeżycia tego implantu w stosunku do poprzednich był imponujący i wynosił nawet 51 lat od momentu implantacji [14].

Dalsze prace prowadzone niezależnie przez Fredericka Thompsona i Austina Moora nad endoprotezami połowicznymi z trzpieniem wbijanym śródszpikowo do kości udowej zaowocowały pierwszym implantem produkowanym na masową skalę [15, 16]. Proteza połowicza Austina Moora została wykorzystana po raz pierwszy w szpitalu Johna Hopkinsa w 1940 roku u chorego ze wznową guza olbrzymiokomórkowego kości udowej (ryc. 1). Efekt był zadowalający w odniesieniu do zniszczonej głowy kości udowej, lecz po pewnym czasie powodował erozję panewki stawu biodrowego [15]. Po dzień dzisiejszy proteza połowicza Austina Moora jest stosowana w niektórych ośrodkach jako szybka i tania metoda leczenia w złamaniach szyjki kości udowej u osób w starszym wieku [17].

CAŁKOWITE ENDOPROTEZY STAWU BIODROWEGO

Badania prowadzono również nad systemem całkowitych endoprotez. Dążono do takiej modyfikacji stawu biodrowego, w którym zarówno komponent udowy, jak i panewkowy miały zostać zastąpione implantami. Pierwszą THA Philip Wiles wykonał u sześciu chorych w 1938 roku, lecz nie uzyskał dobrego rezulta-



Rycina 1. Proteza połowicza Austin-Moore (zdjęcie udostępniono za zgodą firmy STRYKER Polska Sp. z o.o.)

tu z powodu szybkiego obłuzowania elementów [18]. Jednak na kartach historii szczególnie zapisał się Kenneth McKee, który w 1951 roku zastosował THA po raz pierwszy z dobrym efektem. Była to endoproteza oparta na całkowicie metalowej artykulacji (dopasowaniu metalowej panewki i metalowej głowy nałożonej na trzpień, które razem tworzyły powierzchnie nowego stawu biodrowego), która wytrzymała próbę czasu i miała udokumentowane przeżycie wynoszące średnio 17 lat [19]. Wadą tego rozwiązania było samo połączenie metal-metal, gdyż powodowało to emisję cząsteczek metalu do organizmu w miarę postępującego ścierania ruchomych elementów endoprotezy. Prowadziło to do powstawania tak zwanych metalozy w tkankach, a nawet tworzenia się guzów rzekomych.

Ukoronowaniem wieloletnich badań nad stworzeniem całkowitej protezy stawu biodrowego były prace angielskiego chirurga Johna Charnley'a, który na podstawie doświadczeń własnych i swoich poprzedników zaprojektował całkowitą endoprotezę stawu biodrowego z metalowym trzpieniem udowym i polietylenową wkładką (artykulacja metal-polietylen) (ryc. 2), mocowaną w panewce za pomocą ce-



Rycina 2. Przykład współczesnej endoprotezy całkowitej (artykulacja typu metal-polietylen) oraz elementy endoprotezy osobno — polietylenowa wkładka i metalowa głowa (zdjęcie udostępniono za zgodą firmy STRYKER Polska Sp. z o.o.)



Rycina 3. Trzpień współczesnej protezy całkowitej cementowej typu Exeter (zdjęcie udostępniono za zgodą firmy STRYKER Polska Sp. z o. o.)

mentu kostnego [20, 21]. Rozwiązanie to stopniowo wypierało protezę McKee-Ferrara, gdyż nowa, mniej szkodliwa artykulacja oraz stabilne osadzenie implantów za pomocą cementu kostnego dawały doskonałe rezultaty. Jest ona stosowana w wielu ośrodkach po dzień dzisiejszy, szczególnie u osób starszych ze słabą jakością kości w przebiegu chorób reumatycznych czy po radioterapii. Średni okres przeżycia implantu wynosi około 25 lat [20–22]. Przykład trzpienia endoprotezy cementowej przedstawiono na rycinie 3.

W kolejnych latach systemy endoprotez rozwijano dwukierunkowo. Badania zmierzały do wyeliminowania konieczności stosowania cementu kostnego, niezbędnego do „wklejania” implantów, z drugiej jednak strony udoskonalano właściwości cementu, aby zmniejszyć odsetek powikłań infekcyjnych i obłuzowania implantów. Częstość obłuzowań cementowych endoprotez wynikała głównie z utraty właściwości spajających samego cementu i zaniku kości w sąsiedztwie cementu. Powikłanie to wraz z upływem czasu zaowocowało skonstruowaniem endoprotez bezcementowych. Szczególne zasługi należy przypisać tutaj Peterowi Ringowi [23–25]. Badacz nie ignorował oczywistych zalet protez

cementowych, ale postanowił skupić się na wadach takiego osadzania implantów i poszukać możliwości biologicznej integracji endoprotezy z kością. Okazało się bowiem, że cement wprowadzony na szeroką skalę przez Charnley’a może powodować gwałtowne spadki ciśnienia w momencie egzotermicznej reakcji wiązania z kością, sporadycznie prowadząc nawet do zgonu [21, 23]. Niedoskonałe i nietrwałe spojenie cementu z kością prowadziło u niektórych chorych do wczesnych obłuzowań komponentu panewkowego. W połowie XX wieku uważano również, że zastosowanie cementu zwiększało ryzyko infekcji. W latach 80. XX wieku pojawiło się nawet określenie „choroby cementowej”. Dzisiaj wiadomo już, że to nie sam cement był winien licznym obłuzowaniom implantów ortopedycznych, ale procesy odporności nieswoistej gospodarza zapoczątkowane przez resztki startego metalu, polietylenu czy cementu i fagocytowane przez makrofagi [26–28]. Ring, po wielu latach badań, upowszechnił całkowicie bezcementową THA opartą na zmodyfikowanym trzpieniu Austina Moore’a i panewce, która była mocowana w kości biodrowej za pomocą bardzo długiej, wkręcanej śruby [15, 23–25].

PODSUMOWANIE

W XXI wieku ortopedzi posługują się głównie endoprotezami bezcementowymi. Obecnie zarówno panewka, jak i trzpień endoprotezy są pokryte materiałem posiadającym cechy kości. To rewolucyjne podejście z wykorzystaniem hydroksyapatytu prowadzi do niemalże w pełni biologicznego wygajania się implantów, które są osadzone w kości bez użycia cementu na zasadzie zaklinowania — „*press fit*” (ryc. 4). Stosuje się również artykulacje w pełni ceramiczne, które charakteryzują się małą ścieralnością elementów ruchomych endoprotezy i zapewniają większą trwałość niż inne wcześniej stosowane rozwiązania (ryc. 5). Całkowita endoproteza stawu biodrowego stała się powszechną metodą leczenia, która odmieniła życie wielu chorych z bolesnym biodrem i to nie tylko w wieku starszym. U młodych aktywnych chorych, których codzienne życie zostało całkowicie zaburzone przez szybko postępującą jałową martwicę głowy kości udowej czy poważny uraz miednicy, całkowita endoproteza stawu biodrowego jest nie tylko sposobem na szybki powrót do zdrowia, ale również szansą na podjęcie aktywności zawodowej i nawet sportowej, jak na przykład

jazdy na nartach. Dodatkowo od wielu lat, aloplastyka stawu biodrowego jest stosowana z powodzeniem jako metoda leczenia w złamaniu szyjki kości udowej. Skutecznie ograniczyła liczbę powikłań pooperacyjnych oraz pozwoliła znacznie przyspieszyć proces rehabilitacji chorych po złamaniu [29, 30].



Rycina 4. Współczesne bezcementowe trzpienie endoprotez całkowitych, dostępne w różnych rozmiarach. Trzpień prawy z nałożoną przykładową metalową głową (zdjęcie udostępniono za zgodą firmy STRYKER Polska Sp. z o.o.)

Czas pojedynczych „wielkich” ortopedów–wynalazców jak Charnley czy Ring to okres poprzedniego stulecia [20, 21, 23–25]. Obecnie badania doskonalące implanty i technikę operacyjną prowadzone są przez międzynarodowe koncerny współpracujące z setkami lekarzy i inżynierów na całym świecie. Historia rozwoju endoprotezoplastyki inspirowała następną generację lekarzy do wymyślania kolejnych rozwiązań, a nie tylko podążania utartymi śzlakami. W tabeli 1 przedstawiono etapy rozwoju endoprotez stawu biodrowego.



Rycina 5. Głowy ceramiczne to jedno z najnowszych rozwiązań w stosowane w zabiegach protezoplastyki (zdjęcie udostępniono za zgodą firmy STRYKER Polska Sp. z o.o.)

Tabela 1. Historia ewolucji endoprotez stawu biodrowego

| Produkt | Rodzaj endoprotezy i artykulacja | Rok |
|--------------------------|--|--------------|
| Themistocles Gluck | Kość słoniowa | 1891 |
| Marius Smitha-Petersen | Szklana nakładka Vitalium | 1923 |
| Philip Wiles | Stal nierdzewna | 1938 |
| Austin Moore (ryc. 1) | Endoproteza połowicza (Stal nierdzewna i stopy metali) | 1940 |
| McKee–Farrar | Endoproteza całkowita (artykulacja metal–metal) | 1951 |
| Peter Ring | Endoproteza całkowita bezcementowa (artykulacja metal–metal) | Lata 50. |
| John Charnley | Endoproteza całkowita cementowa (artykulacja metal–polietylen) (ryc. 2) | Lata 60. |
| Międzynarodowe koncerny | Artykulacja ceramika–ceramika | Lata 80. |
| Międzynarodowe koncerny | Artykulacja ceramika–metal | Po roku 2000 |

ABSTRACT

Hip arthroplasty is the XXI century „gold standard” in treatment of destructive lesions within hip joints caused by many diseases. One out of four elderly suffers from degenerative hip disease in lifetime and one out of ten elderly undergoes total hip arthroplasty surgery. The beginning of hip arthroplasty reach XIX century, but the major development was

previous century. The great masters of surgery like John Charnley, Austin Moore or Peter Ring inspire next generations of orthopedic surgeons to improve treatment with arthroplasty. That helps to regain comfort to the people, who have long forgotten how to walk freely and without pain.

Forum Reumatol. 2017, tom 3, nr 4: 221–221

Key words: hip arthroplasty; hip joint; history of hip arthroplasty

Piśmiennictwo

1. Culliford DJ, Maskell J, Kiran A, et al. The lifetime risk of total hip and knee arthroplasty: results from the UK general practice research database. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012; 20(6): 519–524, doi: [10.1016/j.joca.2012.02.636](https://doi.org/10.1016/j.joca.2012.02.636), indexed in Pubmed: [22395038](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22395038/).
2. Murphy LB, Helmick CG, Schwartz TA, et al. One in four people may develop symptomatic hip osteoarthritis in his or her lifetime. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010; 18(11): 1372–1379, doi: [10.1016/j.joca.2010.08.005](https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.08.005), indexed in Pubmed: [20713163](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20713163/).
3. Haraguchi A, Nakashima Y, Miyahara H, et al. Minimum 10-year results of cementless total hip arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis. *Mod Rheumatol*. 2017; 27(4): 598–604, doi: [10.1080/14397595.2016.1256024](https://doi.org/10.1080/14397595.2016.1256024), indexed in Pubmed: [27846746](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27846746/).
4. Gomez PF, Morcuende JA. Early attempts at hip arthroplasty--1700s to 1950s. *Iowa Orthop J*. 2005; 25: 25–29, indexed in Pubmed: [16089067](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16089067/).
5. Rhea Barton J. The classic. On the treatment of ankylosis, by the formation of artificial joints. *Clin Orthop Relat Res*. 1827; 279(3): 400.
6. Baer WS. Arthroplasty with the aid of animal membrane. *Amer Jour Orth Surg*. 1918; 16(1): 171.
7. Chlumsky, V., Zentralblatt für orthopaedische Chirurgie. Continued Centralblatt für orthopaedische Chirurgie un mechanik from 1887-1890. 1886.
8. Eynon-Lewis NJ, Ferry D, Pearse MF. Themistocles Gluck: an unrecognised genius. *BMJ*. 1992; 305(6868): 1534–1536, indexed in Pubmed: [1286374](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1286374/).
9. Jones R, Lovett R. *Orthopaedic Surgery*. W William, Baltimore 1929.
10. Smith-Petersen MN. ARTHROPLASTY OF THE HIP: A New Method. *J Bone Joint Surg Br*. 1939; 21(2): 269–288.
11. Smith-Petersen MN. Evolution of mould arthroplasty of the hip joint. *J Bone Joint Surg Br*. 1948; 30B(1): 59–75.
12. Baker JF, Vioreanu MH, Khan HA. Smith-Petersen Vitallium mould arthroplasty: a 62-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 93(9): 1285–1286, doi: [10.1302/0301-620X.93B9.27374](https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B9.27374), indexed in Pubmed: [21911544](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21911544/).
13. JUDET J, JUDET R. The use of an artificial femoral head for arthroplasty of the hip joint. *J Bone Joint Surg Br*. 1950; 32-B(2): 166–173, indexed in Pubmed: [15422013](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15422013/).
14. Kovac S, Pisot V, Trebse R, et al. Fifty-one-year survival of a Judet polymethylmethacrylate hip prosthesis. *J Arthroplasty*. 2004; 19(5): 664–667, indexed in Pubmed: [15284993](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15284993/).
15. Moore A, Bohlman H. Metal hip joint. A case report. *J Bone Joint Surg Br*. 1943; 25: 688–692.
16. Thompson FR. Two and a half years' experience with a vitallium intramedullary hip prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1954; 36-A(3): 489–502, indexed in Pubmed: [13163080](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13163080/).
17. Hernigou P, Quiennec S, Guissou I. Hip hemiarthroplasty: from Venable and Bohlman to Moore and Thompson. *Int Orthop*. 2014; 38(3): 655–661, doi: [10.1007/s00264-013-2153-5](https://doi.org/10.1007/s00264-013-2153-5), indexed in Pubmed: [24170131](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24170131/).
18. Wiles P. The surgery of the osteoarthritic hip. *Br J Surg*. 1958; 45(193): 488–497, indexed in Pubmed: [13536352](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13536352/).
19. McKee GK, Watson-Farrar J. Replacement of arthritic hips by the McKee-Farrar prosthesis. *J Bone Joint Surg Br*. 1966; 48(2): 245–259, indexed in Pubmed: [5937593](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5937593/).
20. Charnley J. Arthroplasty of the hip. A new operation. *Lancet*. 1961; 1(7187): 1129–1132, indexed in Pubmed: [15898154](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15898154/).
21. Charnley J. A biomechanical analysis of the use of cement to anchor the femoral head prosthesis. *J Bone Joint Surg Br*. 1965; 47: 354–363, indexed in Pubmed: [14302740](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14302740/).
22. Chen Q, Thouas G. Metallic implant biomaterials. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. 2015; 87: 1–57, doi: [10.1016/j.mser.2014.10.001](https://doi.org/10.1016/j.mser.2014.10.001).
23. Ring PA. Complete replacement arthroplasty of the hip by the ring prosthesis. *J Bone Joint Surg Br*. 1968; 50(4): 720–731, indexed in Pubmed: [5706878](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5706878/).
24. Ring PA. Replacement of the hip joint. *Ann R Coll Surg Engl*. 1971; 48(6): 344–355, indexed in Pubmed: [5089891](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5089891/).
25. Ring PA. Total replacement of the hip. *Br Med J*. 1972; 2(5809): 350, indexed in Pubmed: [5022052](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5022052/).
26. Jones LC, Hungerford D. Cement Disease. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1987; 225: 192–206, doi: [10.1097/00003086-198712000-00016](https://doi.org/10.1097/00003086-198712000-00016).
27. Harris WH. Osteolysis and particle disease in hip replacement. A review. *Acta Orthop Scand*. 1994; 65(1): 113–123, indexed in Pubmed: [8154274](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8154274/).
28. Gallo J, Goodman SB, Kontinen YT, et al. Particle disease: biologic mechanisms of periprosthetic osteolysis in total hip arthroplasty. *Innate Immun*. 2013; 19(2): 213–224, doi: [10.1177/1753425912451779](https://doi.org/10.1177/1753425912451779), indexed in Pubmed: [22751380](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22751380/).
29. Lin JCF, Liang WM. Outcomes after fixation for undisplaced femoral neck fracture compared to hemiarthroplasty for displaced femoral neck fracture among the elderly. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015; 16: 199, doi: [10.1186/s12891-015-0671-6](https://doi.org/10.1186/s12891-015-0671-6), indexed in Pubmed: [26286551](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26286551/).
30. Bjørgul K, Reikerås O. Hemiarthroplasty in worst cases is better than internal fixation in best cases of displaced femoral neck fractures: a prospective study of 683 patients treated with hemiarthroplasty or internal fixation. *Acta Orthop*. 2006; 77(3): 368–374, doi: [10.1080/17453670610046271](https://doi.org/10.1080/17453670610046271), indexed in Pubmed: [16819673](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16819673/).