

# ANALIZA MATERIAŁOZNAWCZA DEIMPLANTOWANEGO ELEMENTU ENDOPROTEZY STAWU BIODROWEGO

MARTA PŁATEK<sup>1\*</sup>, AGATA DUDEK<sup>2</sup>, JAROSŁAW UCIEKLAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> POLITECHNIKA ŁÓDZKA,  
INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ,  
UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ

<sup>2</sup> POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,  
WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW  
AL. ARMII KRAJOWEJ 19, 42-200 CZĘSTOCHOWA

<sup>3</sup> SZPITAL CZERNAKOWSKI SP. Z O. O.,  
UL. STĘPIŃSKA 19/25, 00-739 WARSZAWA

\*E-MAIL: MGLUSZEK06@GMAIL.COM

## Streszczenie

Pomimo postępu jaki dokonał się w ostatnich latach w zakresie endoprotezoplastyk stawu biodrowego jednym z nierozwiązanych do końca zagadnień pozostaje problem aseptycznych i septycznych obłuzowań elementów endoprotez. Dlatego stale trwają poszukiwania rozwiązań pozwalających zminimalizować ryzyko zapaleń okołoprotezowych i aseptycznych obłuzowań endoprotez. Przedmiotem badania był trzpień endoprotezy Mittelmeiera usunięty z powodu aseptycznego obłuzowania po 16 latach od wszczepienia. Przeprowadzono analizę strukturalną wykorzystując mikroskop świetlny i skaningowy oraz zbadano skład chemiczny materiału, z którego wykonano implant. Dokonano również oceny stopnia degradacji jego powierzchni. Analiza składu chemicznego porównana do pierwotnego składu tego trzpienia ujawniła, iż bezpośredni kontakt implantu z płynami ustrojowymi i żywą tkanką wpływa na zmianę ilościową poszczególnych pierwiastków. Mikroskopia skaningowa elektronowa ujawniła na metalowym trzpieniu liczne wżery, pęknięcia oraz ubytki powstałe na skutek zużycia oraz korozji. Wykonane badania wykazały, że nie tylko implant osadzony w kości oddziałuje na okoliczne tkanki, ale zachodzą zmiany również w obrębie wszczepionego implantu. Bezpośrednią przyczyną obłuzowania implantu była osteoliza związana z nagromadzeniem w przestrzeni pomiędzy implantem a kością elementów zużycia korozyjnego i erozyjnego. Na podstawie zebranych danych z Oddziału Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej Szpitala Czerniakowskiego Sp. z o.o. w Warszawie wykonano ponadto analizę statystyczną przeprowadzonych endoprotezoplastyk pierwotnych i rewizyjnych oraz występujących powikłań, ze szczególnym uwzględnieniem obłuzowań elementów endoprotez, które wymagały operacji rewizyjnych.

**Słowa kluczowe:** endoprotezoplastyka stawu biodrowego, trzpień endoprotezy, rewizja, stop Co-Cr-Mo

[Engineering of Biomaterials 150 (2019) 2-9]

Article presented at conference: IMPLANTS 2019, 28-29 June, Gdansk, Poland.

# MATERIAL ANALYSIS OF THE DEIMPLANTED ELEMENT OF HIP JOINT ENDOPROSTHESIS

MARTA PŁATEK<sup>1\*</sup>, AGATA DUDEK<sup>2</sup>, JAROSŁAW UCIEKLAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LODZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,  
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING,  
UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ, POLAND

<sup>2</sup> CZESTOCHOWA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,  
FACULTY OF PRODUCTION ENGINEERING  
AND MATERIALS TECHNOLOGY,  
AL. ARMII KRAJOWEJ 19, 42-200 CZĘSTOCHOWA

<sup>3</sup> SZPITAL CZERNAKOWSKI SP. Z O. O.,  
UL. STĘPIŃSKA 19/25, 00-739 WARSZAWA, POLAND

\*E-MAIL: MGLUSZEK06@GMAIL.COM

## Abstract

Despite the progress that has been made in recent years in the field of hip joint endoprostheses, the problem of aseptic and septic loosening of endoprosthetic elements remains one of the unresolved issues. Therefore, the research on solutions to minimize the risk of periprosthetic inflammations and aseptic loosening of endoprostheses is still ongoing. The subject of the study was a stem of the Mittelmeier's endoprosthesis removed due to its aseptic loosening after 16 years of implantation. The structural analysis was carried out using a light and scanning microscope and the chemical composition of the implant material was examined. The analysis of the chemical composition compared to the original composition of the stem revealed that direct contact of the implant with body fluids and living tissue affects the quantitative change of individual elements. Scanning electron microscopy revealed numerous pitting, cracks and losses caused by wear and corrosion on the metal stem. The research carried out showed that not only does the implant inserted in the bone affect the surrounding tissue, but there are also changes within the implanted prosthesis. The direct cause of the implant loosening was osteolysis in the space between the implant and the bone, associated with the accumulation of elements of corrosion and erosion wear. Based on the collected results from the Trauma and Orthopaedic Surgery Department of the Czerniakowski Hospital in Warsaw, a statistical analysis of primary and revision endoprostheses and complications was performed, with particular emphasis on the loosening of the endoprostheses elements that required revision surgeries.

**Keywords:** hip joint endoprosthesis, stem of endoprosthesis, revision, Co-Cr-Mo alloy

[Engineering of Biomaterials 150 (2019) 2-9]

Article presented at conference: IMPLANTS 2019, 28-29 June, Gdansk, Poland.

## Wprowadzenie

Jednym z powszechnie stosowanych sposobów leczenia zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych jest endoprotezoplastyka, zarówno w przypadku schorzeń pierwotnych, jak również wtórnych - wynikających z zaburzeń mechaniki stawu, chorób dziecięcych czy urazów narządu ruchu. Endoprotezoplastyka stawu biodrowego w ostatnich dziesięcioleciach stała się najczęściej wykonywaną procedurą ortopedyczną. Celem zastosowania protezoplastyki stawów jest uwolnienie pacjentów od dolegliwości bólowych i przywrócenie prawidłowej ruchomości stawu [1-2]. Na przestrzeni kolejnych kilkunastu lat nastąpił dynamiczny, technologiczno-konstrukcyjny rozwój nowych generacji endoprotez stawu biodrowego. Doskonalona jest również technika operacyjna oraz instrumentarium, czyniąc alloplastykę metodą coraz bardziej powtarzalną i bezpieczną, zapewniającą poprawę własności biomechanicznych układu kostno-stawowego [3]. Endoprotezoplastyka stawu biodrowego niezależnie od wskazań do jej wykonania, typu użytego implantu czy też wieku chorego, narażona jest na różnego rodzaju powikłania miejscowe i ogólnoustrojowe. Obluzowania endoprotez postrzegane są jako jedna z głównych przyczyn niepowodzeń tego rodzaju zabiegów [4-7].

Czynnikiem warunkującym uzyskanie dobrego rezultatu wymiany stawu biodrowego jest poprawne ułożenie przestrzenne elementów endoprotezy. Dla zapewnienia trwałości przeprowadzonego zabiegu i wysokiego stopnia ruchomości kończyny dolnej, poszczególne elementy muszą być wszczepione we właściwej anatomicznie pozycji. Zapewnione również musi być odpowiednie napięcie tkanek miękkich [1-2,7].

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku nastąpił gwałtowny rozwój endoprotezoplastyki cementowej stawu biodrowego [3]. Stopniowo ulepszana była technika cementowania implantów, co przekładało się na uzyskiwanie coraz lepszych wyników. Cement miał spełniać rolę spoiwa pozwalającego dopasować obrys implantu do łoża kostnego oraz unieruchomić go względem kości. Jednak równolegle rozwijane były systemy endoprotez bezcementowych [8-9]. Prowadzone badania pozwoliły ustalić, że w przypadku rozwiązań bezcementowych pierwotne osadzenie trzpienia powinno opierać się na bardziej dokładnym dopasowaniu kształtu trzpienia do kształtu jamy szpikowej kości udowej oraz wyeliminowaniu możliwości jego mikroruchów. Pierwszy warunek zaczęto osiągać dzięki zwiększaniu liczby rozmiarów trzpieni, umożliwiającemu bardziej ściśle dopasowanie do wielkości jamy szpikowej kości udowej. Drugi dylemat próbowano rozwiązać poprzez różnego rodzaju modyfikacje kształtu trzpieni [10-12]. W 1974 roku Mittelmeier skonstruował endoprotezę, której trzpień pokryty był ożebrowaniem mającym poprawić jego umocowanie w porowatej strukturze kości. Ceramiczna panewka była wkręcana i współpracowała z ceramiczną głową modułarną. Była to jedna z pierwszych endoprotez bezcementowych szerzej wprowadzonych do praktyki klinicznej. Pomimo ulepszonych rozwiązań nadal spotyka się pacjentów korzystających z tego modelu endoprotezy [3,10-12].

Z biegiem lat przekonano się, że to początkowe, ściśle dopasowanie trzpienia endoprotezy do kształtu jamy szpikowej, zapewniające pierwotną stabilizację, wystarcza tylko na pewien czas [9,11-12]. Pod wpływem przenoszonych obciążeń, z upływem czasu pojawiają się mikroruchy trzpienia prowadzące do niszczenia łoża kostnego i w konsekwencji powstania obluzowania implantu. Doprowadziło to do rozwoju koncepcji stabilizacji wtórnej polegającej na osteointegracji wszczepu z tkanką kostną. Aby ten cel osiągnąć zaczęto pokrywać implanty porowatymi powłokami o właściwościach osteokondukcyjnych, stanowiącymi rusztowanie dla komórek osteogennych z otaczającej tkanki kostnej [10-12].

## Introduction

One of the most popular methods of treating advanced degenerative changes is endoprostheses, both in primary and secondary diseases - resulting from joint mechanics disorders, childhood diseases or locomotive trauma. In recent decades, the hip joint endoprosthesis has become the most frequently performed orthopaedic procedure. The aim of a joint replacement is to relieve patients of pain and restore proper joint mobility [1-2]. Over the last several years, there has been a dynamic, technological and structural development of new generations of hip joint endoprostheses. The surgical techniques and instruments have also been improved, making alloplasty more and more reproducible and safe, as well as ensuring improvement of biomechanical properties of the osteoarticular system [3]. The hip endoprosthetic surgery, regardless of indications for its performance, the type of an implant used or the patient's age, is exposed to various local and systemic complications. Loosening of endoprostheses is one of the main causes of failure of this type of procedures [4-7].

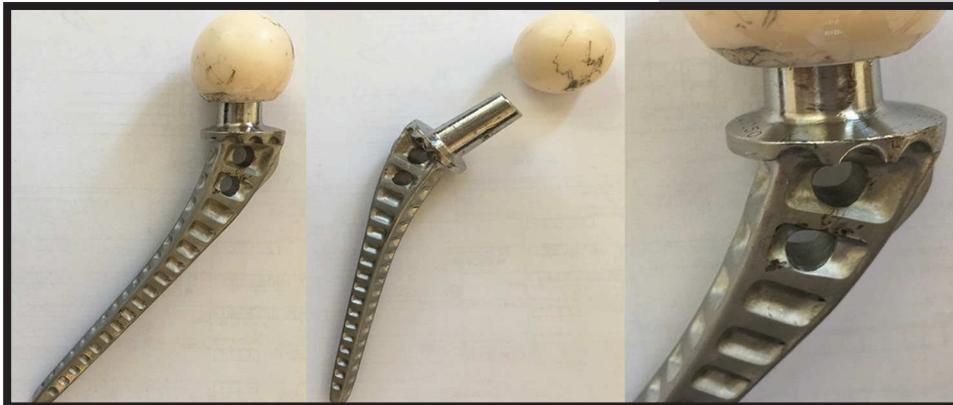
The proper spatial arrangement of endoprosthetic elements is a factor determining the efficiency of hip joint replacement. In order to ensure the procedure durability and future high mobility of the lower limb, the individual elements must be implanted in an anatomically correct position. Adequate soft tissue tension must also be ensured [1-2,7].

In the 1970-80s, there was a rapid development of cement hip joint endoprostheses [3]. The technique of cementing implants was gradually improved, which resulted in better and better results. The cement was supposed to act as a binder allowing to adjust the contour of the implant to the bone bed and immobilize it in relation to the bone. The systems of cement-free endoprostheses were developed in parallel [8-9]. The studies proved that in the case of cement-free solutions, the primary stem implantation should be based on fitting the stem shape to the shape of femoral bone marrow cavity and elimination of the stem micro-movements. The first condition was achieved by multiplying stem sizes to fit the size of the femoral bone marrow more precisely. The second problem was solved by various modifications of the stem shape [10-12]. In 1974, Mittelmeier constructed an endoprosthesis, the stem of which was covered with the rib-like structure to improve its fixation in the porous bone structure. The ceramic acetabulum was screwed in and it cooperated with the ceramic modular head. It was one of the first uncemented endoprostheses introduced in clinical practice. Despite the improved solutions, there are still patients using this model of endoprosthesis [3,10-12].

Over the years, it has been demonstrated that the initial tight fit of the stem of the endoprosthesis to the shape of the marrow cavity which provides primary stabilization is sufficient only for a certain period of time [9,11-12]. Under the influence of the transferred loads, the stem micro-movements appear over time, leading to the destruction of the bone bed and the consequent loosening of the implant. This led to the development of the concept of secondary stabilization consisting in the implant-bone osteointegration. In order to achieve this objective, the implants were covered with porous coatings with osteoconductive properties, constituting a scaffold for osteogenic cells from the surrounding bone tissue [10-12].

## Materiały i metody

Materiał użyty do badań stanowił trzpień endoprotezy Mittelmeiera pozyskany w trakcie operacji rewizyjnej przeprowadzonej 05.07.2017 r. u 67-letniego pacjenta, który został przyjęty do Oddziału Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej Szpitala Czerniakowskiego Sp. z o.o. z rozpoznaniem aseptycznego obluzowania trzpienia endoprotezy stawu biodrowego lewego (RYS. 1).



**RYS. 1.** Deimplantowana endoproteza po 16 latach od wszczępienia [materiał własny].

**FIG. 1.** Deimplanted endoprosthesis after 16 years of implantation [own material].



**RYS. 2.** a) Zdjęcie radiologiczne wykonane w 2010 roku po alloplastyce obu stawów biodrowych, b) Stan po rewizji prawego stawu biodrowego.

**FIG. 2.** a) Radiological image taken in 2010 following the replacement of both hip joints, b) Condition after a right hip joint re-surgery.

Pacjent ten miał wykonaną obustronną endoprotezoplastykę stawów biodrowych z użyciem bezcementowych endoprotez Mittelmeiera z powodu zmian zwyrodnieniowych. Endoprotezoplastykę prawego stawu biodrowego wykonano w październiku 1999 r. natomiast lewego stawu biodrowego w marcu 2001 r. Z powodu aseptycznego obluzowania w 2010 roku przeprowadzono operacje rewizyjne obu stawów biodrowych (RYS. 2a – obraz przed operacjami rewizyjnymi). W dniu 15.04.2010 r. przeprowadzono rewizję lewego stawu biodrowego – wszczępieno ponownie ten sam trzpień, osadzając go na cemencie chirurgicznym. W dniu 21.10.2010 r. została przeprowadzona realloplastyka prawego stawu biodrowego z zastosowaniem endoprotezy Alloclasic (RYS. 2b – obraz po operacjach rewizyjnych). Na początku 2017 roku pacjent zgłosił się do Szpitala Czerniakowskiego z powodu dolegliwości bólowych biodra lewego z promieniowaniem do uda, nasilających się podczas chodzenia. Obraz kliniczny oraz przeprowadzona diagnostyka laboratoryjna i obrazowa (rtg, scyntygrafia) wykazały obustronne, aseptyczne obluzowanie trzpieni endoprotez stawów biodrowych (RYS. 2b). Chorego zakwalifikowano do ponownej operacji rewizyjnej lewego stawu biodrowego [opracowanie własne].

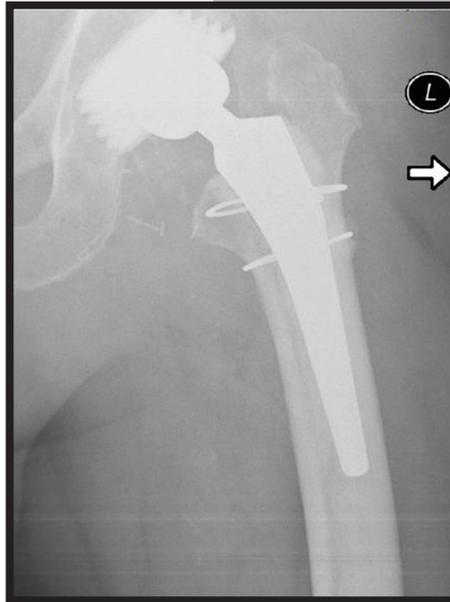
## Materials and Methods

The material used in the research was a stem of Mittelmeier's endoprosthesis obtained during the revision operation carried out on 05.07.2017 in a 67-year-old patient who was admitted to the Trauma and Orthopaedic Surgery Department of the Czerniakowski Hospital with the diagnosis of aseptic loosening of the stem of the left hip joint endoprosthesis (FIG. 1).

The patient had double-sided hip joint endoprostheses performed with the Mittelmeier's cementless endoprostheses due to degenerative changes. The right hip endoprosthesis was performed in October 1999 and the left hip in March 2001. Due to aseptic loosening, in 2010 both hip joints underwent re-surgery (FIG. 2a - image before surgery). On 15.04.2010, the left hip joint was extracted and the same stem was reimplanted and placed on surgical cement. On 21.10.2010, right hip realloplasty was performed using the Alloclasic endoprosthesis (FIG. 2b - postoperative image). At the beginning of 2017, the patient was admitted to the Czerniakowski Hospital because of pain in the left hip with radiation to the thigh, which intensified during walking. Clinical picture and laboratory and imaging diagnostics (x-ray, bone scan) showed bilateral aseptic loosening of hip joint endoprostheses (FIG. 2b). The patient was qualified for the second revision of the left hip joint [our study].

W dniu 05.07.2017 r. wykonano endoprotezoplastykę rewizyjną stawu biodrowego lewego – usunięto obluzowany trzpień Mittelmeiera oraz ceramiczną głowę modularną. Nie stwierdzono cech infekcji około protezowej. Nie zaobserwowano cech obluzowania ceramicznej panewki ani uszkodzenia jej powierzchni współpracującej z głową modularną. Usunięto cement chirurgiczny z jamy szpikowej. Po udrożnieniu i rozwierceniu jamy szpikowej osadzono na cemencie chirurgicznym trzpień Taperloc cementowany (RYS. 3) [opracowanie własne].

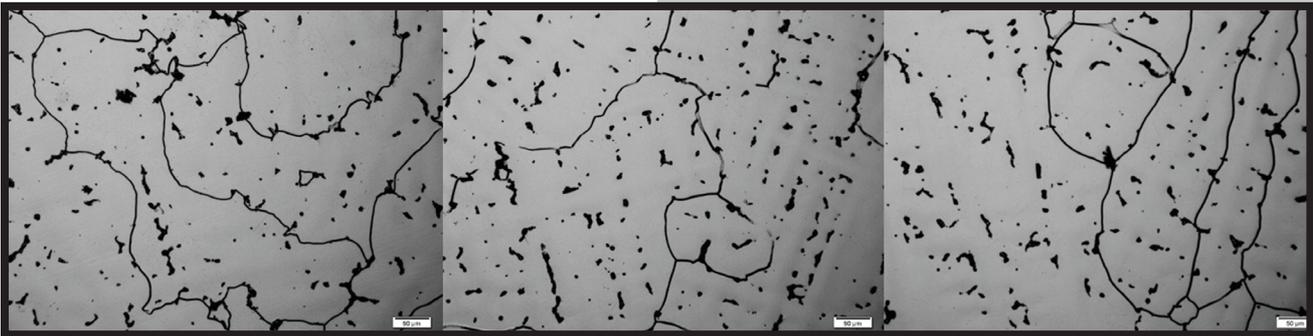
W celu potwierdzenia przyczyn obluzowania implantu, badaniu poddano trzpień implantu po 16 latach użytkowania. Strukturę analizowanego trzpienia przedstawiają mikrostruktury uzyskane na mikroskopie optycznym Opta-Tech na RYS. 4. W celu ujawnienia mikrostruktury wykonano zglądki metalograficzne, które poddano trawieniu w odczynniku HCl z HNO<sub>3</sub>. Zdjęcia mikrostrukturalne metalowego trzpienia (RYS. 5) otrzymano za pomocą mikroskopu skaningowego mikroskopu elektronowego Jeol JSM6610LV. Mikrostruktury SEM obrazujące liczne wżery, pęknięcia oraz ubytki powstałe na skutek zużycia oraz korozji przedstawiono na RYS. 6.



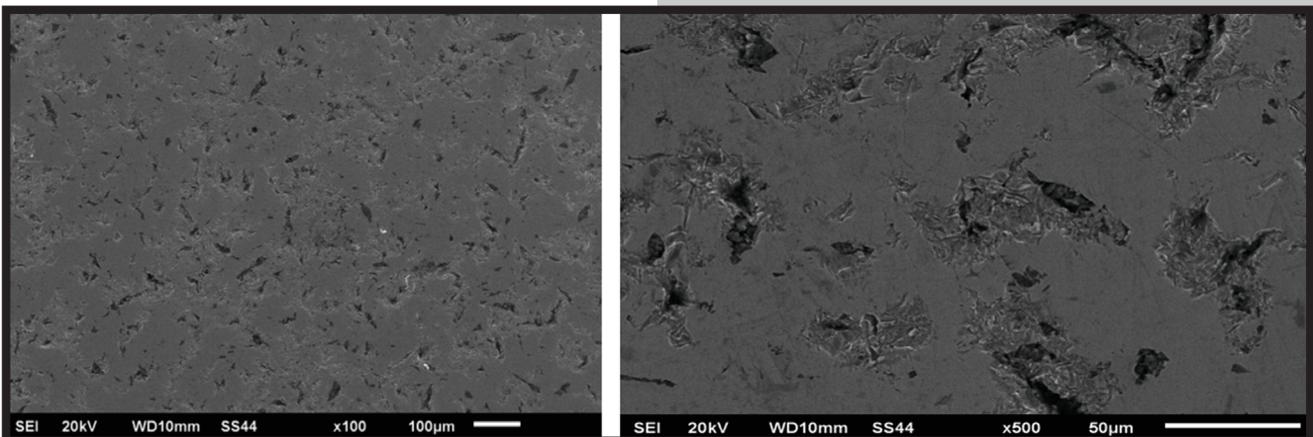
**RYS. 3. Stan po reimplantacji trzpienia endoprotezy z dodatkową stabilizacją linkami stalowymi.**  
**FIG. 3. The status after re-implantation of the endoprosthesis stem with additional stabilisation by means of steel cables.**

On 05.07.2017, the left hip joint revision endoprosthesis was performed - the loose Mittelmeier stem and the ceramic modular head were removed. No features of the infection were found. No signs of loosening of the ceramic stem or damage to its surface cooperating with the modular head were observed. Surgical cement was removed from the marrow cavity. After unblocking and reaming of the marrow cavity, Taperloc cemented stem (FIG. 3) was placed on the surgical cement [own study].

In order to recognize the causes of implant loosening, the stem was tested after 16 years of use. Microstructures of the analyzed stem surface observed with the optical microscope Opta-Tech are presented in FIG. 4. To reveal the microstructure, metallographic examinations were performed and the sample digested in HCl reagent from HNO<sub>3</sub>. Microstructural images of a metal stem (FIG. 5) were obtained with the use of scanning electron microscope Jeol JSM6610LV. SEM microstructures showing numerous pitting, cracks and losses caused by wear and corrosion are presented in FIG. 6.



**RYS. 4. Mikrostruktura trzpienia implantu biodrowego.**  
**FIG. 4. The microstructure of the hip implant stem.**



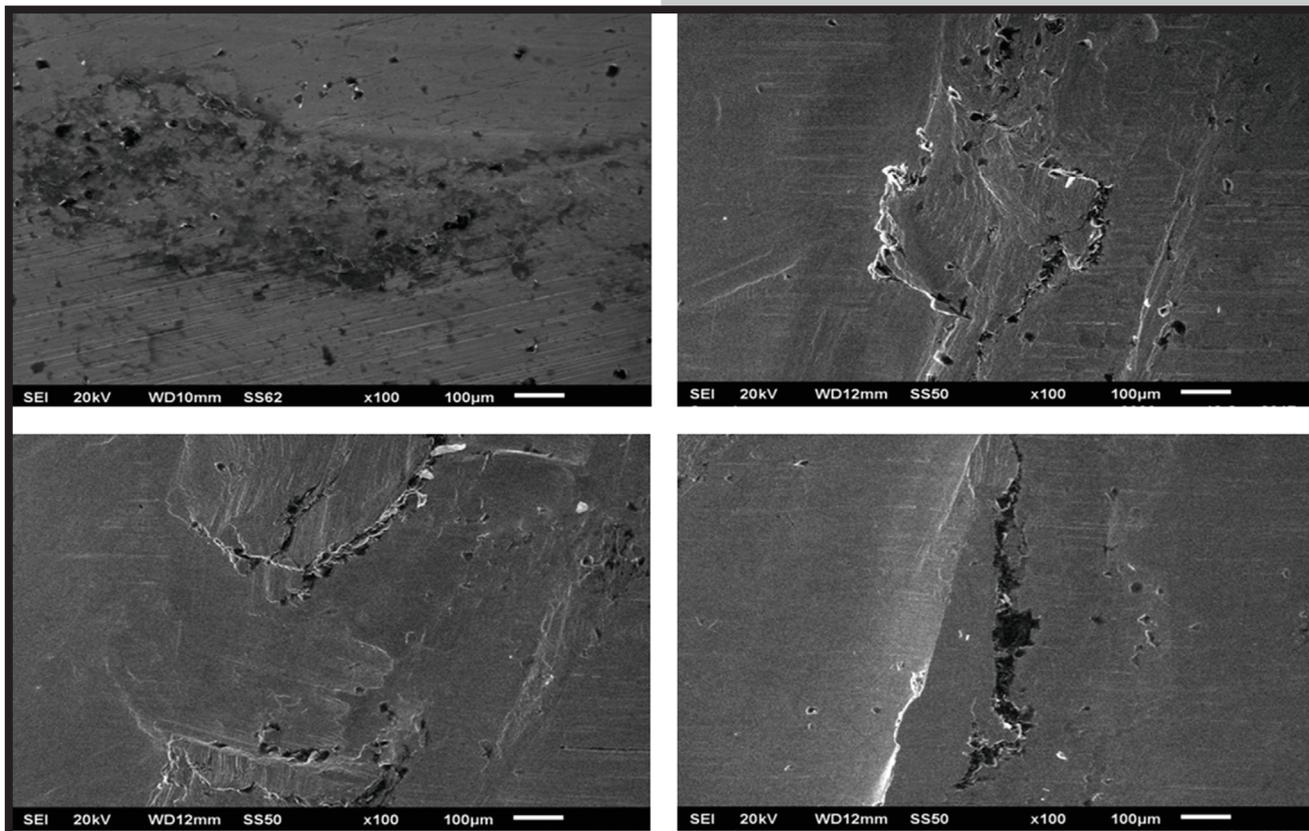
**RYS. 5. Wygląd powierzchni trzpienia stawu biodrowego.**  
**FIG. 5. The surface of the hip joint stem.**

W kolejnym etapie poddano analizie skład chemiczny trzpienia (TABELA 1) oraz porównano go zgodnie z normą ISO 5832-4 (TABELA 2) [13]. Następnie analizowano skład chemiczny w wybranych miejscach wad i nieciągłości ujawnionych na powierzchni trzpienia z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego SEM Jeol JSM6610LV zaopatrzonego w przystawkę Oxford EDS. Składy chemiczne oraz mikrostruktury z poszczególnych analiz przedstawiono w TABELACH 3-5.

Na podstawie danych medycznych z Oddziału Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej Szpitala Czerniakowskiego Sp. z o.o. w Warszawie wykonano analizę statystyczną przeprowadzonych alloplastyk stawu biodrowego w tym pierwotnych i rewizyjnych oraz występujących powikłań, ze szczególnym uwzględnieniem obłuzowań elementów endoprotez, które wymagały operacji rewizyjnych.

In the next stage, the chemical composition of the stem (TABLE 1) was analyzed and compared according to the ISO 5832-4 norms (TABLE 2) [13]. Next, the chemical composition was analyzed in selected areas of defects and discontinuities revealed on the stem surface, using a scanning electron microscope SEM Jeol JSM6610LV equipped with Oxford EDS attachment. Chemical compositions and microstructures from particular analyses are presented in TABLES 3-5.

On the basis of medical data from the Trauma and Orthopaedic Surgery Department of the Czerniakowski Hospital in Warsaw, a statistical analysis of hip joint alloplasty was performed, including primary and revisional surgeries and complications, with particular emphasis on loosening the elements of endoprosthesis.



RYS. 6. Powierzchnia trzpienia z licznymi nieciągłościami.  
FIG. 6. Stem surface with detected discontinuities.

TABELA 1. Skład chemiczny badanego materiału.  
TABLE 1. Chemical composition of the test material.

Pierwiastek Element	Si	Cr	Mn	Fe	Mo	Co
Ilość [% wag.] Content [wt%]	0.78	28.73	1.00	0.50	7.0	reszta balance

TABELA 2. Skład chemiczny stopu według norm ISO 5832-4 (% wag.) [13].  
TABLE 2. Chemical composition of the alloy according to ISO standards (wt%) [13].

Stop Vitallium Vitallium alloy	C	Mn	Si	Cr	Ni	Fe	Mo	Co
Skład wg ISO 5832-4 Composition according to ISO 5832-4	max. 0.35	max. 1.0	max 1.0	26.5-30.0	max 2.5	max. 1.0	4.0-7.0	reszta balance

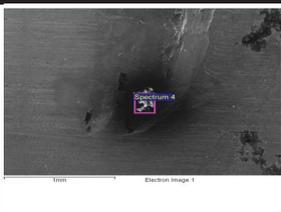
TABELA 3. Skład chemiczny w wybranych miejscach defektu badanego materiału.  
TABLE 3. Chemical composition in selected places of the defect of the tested material.

	Pierwiastek Element	Si	Cr	Mn	Fe	Mo	Co
	Ilość [% wag.] Content [wt%]	0.72	28.89	0.79	0.60	7.06	reszta balance

TABELA 4. Skład chemiczny w wybranych miejscach defektu badanego materiału.  
TABLE 4. Chemical composition in selected places of the defect of the tested material.

	Pierwiastek Element	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Cr	Fe	Mo	Co
	Ilość [% wag.] Content [wt%]	24.1	0.46	0.36	0.13	0.34	3.96	0.08	2.48	19.14	1.51	3.11	reszta bal.

TABELA 5. Skład chemiczny w wybranych miejscach defektu badanego materiału.  
TABLE 5. Chemical composition in selected places of the defect of the tested material.

	Pierwiastek Element	O	Na	Al	Si	S	Cl	Ca	Cr	Fe	Co
	Ilość [% wag.] Content [wt%]	5.71	0.20	0.15	0.24	0.43	0.12	0.53	3.83	1.85	reszta bal.

## Wyniki i dyskusja

Mikrostruktura trzpienia implantu przedstawiono na RYS. 4. Badania wykonane na mikroskopie skaningowym prezentuje RYS. 5. Na metalowym trzpieniu ujawniono liczne wżery, pęknięcia oraz ubytki powstałe na skutek zużycia oraz korozji RYS. 6.

Analiza badań materiałoznawczych metalowej endoprotezy wykazała, iż trzpień implantu wykonany jest ze stopu Co-Cr-Mo i posiada strukturę niejednorodnego austenitu, który charakteryzuje się segregacją chemiczną. Badania wykazały, że analizowany materiał charakteryzował się mikrostrukturą dendrytyczną, typową dla stopów odlewniczych. Mikrostruktura badanego stopu była chemicznie niejednorodna. Osnowę stopu kobaltowo-chromowego w stanie lanym stanowił roztwór stały składników stopowych w fazie  $\beta$ -Co. W obrębie krystalitów występowały mikrosegregacje dendrytyczne, w przestrzeniach międzydendrytycznych i wzdłuż granic krystalitów były rozmieszczone wydzielania pierwotne o charakterze ciągłym. Obszary międzydendrytyczne stanowiła eutektyka składająca się z węglików typu  $M_{23}C_6$  oraz austenitu kobaltowego  $\beta$ -Co. Stop ten charakteryzował się największą segregacją austenitu (głównie chromu) w obszarze ujawnionych dendrytów. Obecność w stopie chromu ma za zadanie zwiększyć odporność na korozję oraz spowodować samo pasywację stopu. Molibden natomiast wpływa na wzrost odporności na korozję lokalną [16-18].

Wyniki analiz składu chemicznego w miejscach nieciągłości materiału z którego wykonano trzpień dowodzą, że liczne ubytki powstały wskutek dużego zużycia korozyjno-erozyjnego, wpływając bezpośrednio na aseptyczne obluźnienie implantu.

## Results and Discussions

The microstructure of the implant stem is shown in FIG. 4. The research performed on the scanning microscope is illustrated in FIG. 5. The metal stem revealed numerous pitting, cracks and losses caused by wear and corrosion of FIG. 6.

The implant stem made of Co-Cr-Mo alloy had a heterogeneous austenitic structure which was characterized by chemical segregation. The examinations showed that the analysed material was of dendritic microstructure, typical of cast alloys. The microstructure of the alloy was heterogeneous. The matrix of the cobalt-chromium alloy in the liquid state represented a solid solution of alloying components in the  $\beta$ -Co phase. There were dendritic microsegregations between crystallites. Furthermore, in the interdendritic spaces and along the boundaries of the crystallites, continuous primary excretions were also found. The interdendritic areas were represented by the eutectic of carbides of  $M_{23}C_6$  type and cobalt austenite  $\beta$ -Co. This alloy was characterized by the highest austenite segregation (mainly chromium) in the area of the dendrites. The presence of chromium in the alloy is intended to improve corrosion resistance and cause the alloy to passivate. Molybdenum, on the other hand, increases resistance to local corrosion [16-18].

The results of chemical analysis performed on the stem material discontinuity prove that numerous cavities were caused by high corrosion and erosion wear, directly resulting in the aseptic stem loosening.

**TABELA 6. Rodzaje wykonanych alloplastyk stawu biodrowego.**  
**TABLE 6. Types of hip joint alloplasty.**

Rodzaj alloplastyki / Type of joint replacement	Liczba / Number	%
Alloplastyki całkowite cementowane / Cemented total hip joint replacements	2	0.3
Alloplastyki całkowite bezcementowe / Cementless total hip joint replacements	460	66
Alloplastyki bipolarnie / Bipolar arthroplasty	207	30
Alloplastyki rewizyjne / Revision hip joint replacements	26	3.7
<b>Łącznie / Total</b>	<b>699</b>	<b>100%</b>

**TABELA 7. Wykonane alloplastyki u kobiet i mężczyzn z podziałem na sposób mocowania.**  
**TABLE 7. Alloplastics among women and men with the division of the method of fixing.**

Rodzaj alloplastyki / Type of joint replacement	Kobiety / Women		Mężczyźni / Men	
	Number Liczba	%	Number Liczba	%
Całkowita cementowana / Cemented total replacement	2	0.5	0	0
Całkowita bezcementowa / Cementless total replacement	255	59.4	204	75.5
Hybryda / Hybrid replacement	2	0.5	1	0.4
Bipolarna cementowana / Bipolar cemented	3	0.7	0	0
Bipolarna bezcementowana / Bipolar cementless	151	35.2	55	20.4
Rewizyjna cementowana / Cemented revision replacement	6	1.4	2	0.7
Rewizyjna bezcementowa / Cementless revision replacement	10	2.3	8	3.0
<b>Łącznie / Total</b>	<b>429</b>	<b>100%</b>	<b>270</b>	<b>100%</b>

**TABELA 8. Wskazania do operacji rewizyjnych.**  
**TABLE 8. Indications for re-surgeries.**

Wskazania / Indications	Liczba / Number	%
Obluzowanie aseptyczne implantu / Aseptic implant loosening	16	64.3
Obluzowanie septyczne implantu / Septic implant loosening	10	35.7
<b>Łącznie / Total</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>

Na podstawie danych medycznych z przeprowadzonych operacji alloplastyk: całkowitych, bipolarnych i rewizyjnych przeprowadzono analizę statystyczną oraz porównawczą w zależności od płci leczonych pacjentów. Materiał badawczy obejmował okres od 2014 do 2018 roku i pochodzi z Oddziału Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej Szpitala Czerniakowskiego Sp. z o.o. w Warszawie.

Obejmuje on 699 alloplastyk stawów biodrowych (TABELA 6), w tym:

1. Alloplastyk całkowitych cementowanych: 2 (0,3%)
2. Alloplastyk całkowitych bezcementowych: 460 (66%)
3. Alloplastyk bipolarnych: 207 (30%)
4. Alloplastyk rewizyjnych: 26 (3,7%)

Biorąc pod uwagę płeć operowanych pacjentów, wykonano 429 alloplastyk stawu biodrowego u kobiet oraz 270 u mężczyzn. TABELA 7 przedstawia liczbę oraz udział procentowy poszczególnych rodzajów alloplastyk z podziałem na płeć leczonych chorych.

W tym czasie wykonano 26 operacji rewizyjnych (TABELA 8). W 64,3% ich powodem było obluzowanie aseptyczne implantu, natomiast w 35,7% spowodowane one były obluzowaniem septycznym. Wśród reoperowanych pacjentów stwierdzono 5 przypadków obluzowań panewki i 3 obluzowania trzpienia endoprotezy, jednak dwa z nich wystąpiły po 12 latach od wszczęcia implantu. W 8 przypadkach doszło do zwinięcia endoprotezy, do czego przyczynić się mogło niestosowanie się pacjentów do zaleceń lekarskich. Stwierdzano również przypadki złamań około protezowych trzonu kości udowej, powodujące destabilizację trzpienia endoprotezy [14-15].

On the basis of medical data from alloplastic surgeries: total, bipolar and revision surgeries, a statistical and comparative analysis was performed depending on the sex of the patients. The research material covered the period from 2014 to 2018 from the Department of Trauma and Orthopaedic Surgery of the Czerniakowski Hospital in Warsaw.

The data includes 699 hip joint alloplasty (TABLE 6), of which:

1. Cemented total hip joint replacements: 2 cases (0.3%)
2. Cementless total hip joint replacements: 460 cases (66%)
3. Bipolar arthroplasty: 207 cases (30%)
4. Revision hip joint replacements: 26 (3.7%)

Taking into account the sex of the patients, 429 hip joint replacements were performed in women and 270 in men. TABLE 7 presents the number and percentage of particular types of hip joint replacements regarding the sex of patients.

During this time, 26 re-surgeries were carried out (TABLE 8). The aseptic loosening of the implant was the cause of 64.3% of all the surgeries, while the septic loosening of the implant was the cause of 35.7%. Among the re-operated on patients, 5 cases of acetabulum loosening and 3 cases of endoprosthesis stem loosening were found, however, two of them occurred 12 years after the implantation. In 8 cases the endoprosthesis dislocation occurred, which may have been caused by patients' failure to follow the medical recommendations. There were also cases of approximate femoral stem fractures causing destabilization of the stem of the endoprosthesis [14-15].

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że nie tylko implant osadzony w kości oddziałuje na okoliczne tkanki. Zachodzą również zmiany w obrębie wszczepionego implantu. Dlatego należy nadal poszukiwać optymalnych pokryw ortopedycznych z uwzględnieniem wzajemnych interakcji zachodzących między żywymi tkankami i implantem. Przeprowadzona analiza składu chemicznego ujawniła, iż udział procentowo-wagowy poszczególnych pierwiastków jest zgodny z normą ISO 5832-4. Analiza badań materiałoznawczych metalowej endoprotezy wykazała, iż trzpień implantu wykonany jest ze stopu Co-Cr-Mo i posiada strukturę niejednorodnego austenitu. Stop ten charakteryzował się największą segregacją austenitu (głównie chromu) w obszarze ujawnionych dendrytów. Analiza materiałoznawcza ujawniła na metalowym trzpieniu liczne wżery, pęknięcia oraz ubytki powstałe na skutek zużycia korozyjno-erozyjnego. Przyczyną obluźnienia aseptycznego implantu była osteoliza związana z nagromadzeniem w przestrzeni pomiędzy implantem a kością elementów zużycia korozyjnego i erozyjnego. W analizowanym materiale danych klinicznych wykazano, iż wiodącym wskazaniem do wykonania alloplastyki bipolarnej jest złamanie szyjki kości udowej, występujące najczęściej u kobiet. Alloplastykę całkowitą wykonuje się w przypadku zmian zwyrodnieniowych lub jałowej martwicy głowy kości udowej. Jak wynika z analizowanych danych, liczba wykonywanych alloplastyk stawu biodrowego stale rośnie i zalicza się je obecnie do najczęstszych operacyjnych procedur ortopedycznych. Nadal nierozwiązane są problemy występujących powikłań septycznych i aseptycznych, co rodzi konieczność prowadzenia badań m.in. nad udoskonalaniem właściwości użytkowych implantów w celu redukcji obserwowanych powikłań.

## Podziękowania

*Szczególne podziękowania kieruję do Szpitala Czerniakowskiego Sp. z o.o. za udostępnienie implantu do badań oraz danych klinicznych dotyczących operacji endoprotez stawu biodrowego.*

## Conclusions

Research has shown that it is not only the bone implant that affects the surrounding tissue. There are also changes in the area of the implanted prosthesis. Therefore, optimal orthopaedic coatings should still be researched on, taking into account the interactions between living tissues and the implant. The chemical composition analysis revealed that the percentage by weight of individual elements complies with the ISO 5832-4 norm. The materials analysis of the metal endoprosthesis showed that the implant stem is made of the Co-Cr-Mo alloy and it has a structure of heterogeneous austenite. This alloy is characterized by the highest segregation of austenite (mainly chromium) in the area of dendrites. The microstructure analysis revealed numerous pits, fractures and losses caused by corrosion and erosion wear on the metal stem. The cause of aseptic implant loosening was osteolysis in the space between the implant and the bone associated with the accumulation of elements of corrosion and erosion wear. The clinical data showed that the main indication for bipolar alloplasty is femoral neck fracture, most common in women. Total alloplasty is performed for degenerative changes or sterile femoral head necrosis. The analyzed data clearly proves that the number of hip endoprostheses implantations is constantly growing and it is currently one of the most common orthopaedic surgical procedures. The problems of existing septic and aseptic complications are still unsolved, which raises the need for research, among others on improving the functional properties of implants to reduce the observed complications.

## Acknowledgements

*Special thanks go to the Hospital Czerniakowski Sp. z o.o. for providing the implant for research and clinical data on hip endoprostheses surgery.*

## References

- [1] Lawrence D.: Alloplasty of the hip joint. Edra Urban&Partner, Wrocław, 2017.
- [2] Pozowski A.: Alloplasty of the hip joint. Publishing House, Medical Publishing House, Warsaw 2018.
- [3] Kmieciak M., Panasiuk M.: History and development of hip prosthetic surgery. Part I. Kwart. Orthop., 3 (1993).
- [4] Smith-Petersen M.N.: Arthroplasty of the hip. J. Bone Joint Surg., 21 (1939).
- [5] Golec E., Nowak S., Golec J., Jurczak P., Abrowski J.: Periprosthetic fractures as complications of total hip joint alloplasty - distant results of treatment and rehabilitation (in Polish). Kwart. Orthop. 3 (2006) 210-216.
- [6] Kordasiewicz B., Rylski W., Zakrzewski P., Sawicki G., Orłowski J., Pomianowski S.: Total dislocations of hip joint endoprostheses. Chir. Narz. Orthopaedic Movement. Pol. 5 (2004) 69-325.
- [7] Golec E., Nowak S., Golec J., Abrowski J., Jasiak-Tyrkalska B.: Dislocations of hip joint endoprostheses. Chir. Orthopaedic Movement Gallus. Pol. 3 (2006) 71-187.
- [8] Jędrzejczak M., Synder M., Marciniak M., Koza B.: Assessment of the quality of life of patients after hip joint alloplasty (in Polish). Kwart. Orthop. 4 (2001) 228-234.
- [9] Barn B.: Cement hip joint endoprosthesis ORTOMED. Quarter. Orthopaedic 2 (2001).
- [10] Przedborska A., Kopeć J., Smyj K.: Evaluation of early results of cement alloplasty as a method of treatment of advanced hip arthritis (in Polish). Kwart. Orthop. 1 (2006) 44-54.
- [11] Williams J.T., Regland P.S., Clarke S.: Constrained for the unstable hip following total hip arthroplasty: a literature review. Int. Orthop. 31(3) (2007) 273-277.
- [12] Kopyś J., Pozowski A., Cieszyński J.: Comparison of the process of osteointegration of cementless panes covered with hydroxyapatite or sputtered with titanium. Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja 6 (2004), Supplement 1.
- [13] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5832:-4:en>.
- [14] Sienkiewicz D., Golec E., Nowak S., Golec J., Szczygieł E., Plewa A.: Evaluation of the results of distant surgical treatment of femoral percutaneous fractures with the use of dynamic hip stabilizer. Review. Medicine 1 (2008) 32-65.
- [15] Widawski A., Golec E., Nowak S.: Remote results of X-change revision of hip joint alloplasty. Surgery. Narz. Orthopaedic movement. Pol. 3 (2003) 68-165.
- [16] Marciniak J.: Biomaterials, Publishing House of the Silesian University of Technology, Gliwice 2013.
- [17] Dudek A.: Forming useful properties of metallic and ceramic biomaterials, Publishing House of Częstochowa University of Technology, Częstochowa 2010.
- [18] Dąbrowski J. R.: Co-Cr-Mo alloyed sintered biomaterials, Warsaw University of Technology Publishing House, Warsaw 2004.