

TRIBOLOGICZNE ASPEKTY DOBORU MATERIAŁÓW NA ELEMENTY TRĄCE ENDOPROTEZ

MONIKA GIERZYŃSKA - DOLNA

INSTYTUT OBRÓBKI PLASTYCZNEJ,
INŻYNIERII JAKOŚCI I BIOINŻYNIERII
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA W CZĘSTOCHOWIE

Wprowadzenie

Endoprotezoplastyka stawów jest powszechnie uznawanym i stosowanym zabiegiem chirurgicznym przywracającym pacjentowi sprawność ruchową kończyn. Wg prognoz demograficznych w okresie najbliższych 10-20 lat ilość pacjentów wymagających zabiegu endoprotezoplastyki ulegnie prawdopodobnie podwojeniu. Wynika to zarówno z wydłużającego się okresu życia człowieka, postępującego skażenia środowiska jak też rosnącej ilości kolizji samochodowych.

Do głównych problemów, wymagających rozwiązania w endoprotezoplastyce należą: zwiększenie trwałości endoprotez, ograniczenie ilości powstających produktów zużycia.

Procesy zużycia występujące w endoprotezoplastyce stawów

Trwałość zaimplantowanych endoprotez zależy od wielu czynników: konstrukcyjnych, materiałowych, technologicznych i biologicznych. Problemem który nie został dotychczas rozwiązany jest dobór materiałów na elementy trące. Jak to wykazały liczne badania laboratoryjne i kliniczne najłagodniejszym elementem endoprotez są części wykonane z polietylenu. W endoprotezach stawu biodrowego są to panewki, w endoprotezach stawu kolanowego są to wkładki polietylenowe.

Do głównych wad polietylenu należy zaliczyć:

- małą odporność na zużycie,
- podatność na pełzanie,
- zmianę własności strukturalnych (stopnia krystaliczności) i mechanicznych pod wpływem obciążenia i wielokrotnej sterylizacji,
- niekorzystne oddziaływanie produktów zużycia (cząstek PE) na organizm ludzki.

Na RYS.1 pokazano przykład zużytej powierzchni panewki polietylenowej pobranej w czasie zabiegu reimplantacji. Na RYS.2 pokazano wygląd produktów zużycia.

Pomimo wielu wad materiał ten UHMWPE jest w dalszym ciągu stosowany na elementy trące endoprotez z uwagi na niski współczynnik tarcia.

Nowe materiały proponowane na elementy trące endoprotez stawu biodrowego

Celem wyeliminowania niedogodności związanych ze stosowaniem UHMWPE na elementy trące, firmy zachod-

TRIBOLOGICAL ASPECTS OF MATERIAL SELECTION ...13... FOR FRICTIONAL ELEMENTS OF ENDOPROSTHESES

MONIKA GIERZYŃSKA - DOLNA

INSTITUTE OF METAL WORKING,
QUALITY ENGINEERING AND BIOMECHANICS
TECHNICAL UNIVERSITY OF CZĘSTOCHOWA

Introduction

Arthroplasty of joints is a commonly recognized surgical operation bringing a patient to limb movement ability. According to the demographic prognosis the amount of the patients needing arthroplasty will double within 10-20 years. It is a result of elongation of human life, increasing environmental contamination and also numerous car collisions.

The main problems of arthroplasty needed to be solve are:

- increase of endoprostheses durability,
- limitation of wear products.

Wear processes occurring in joint arthroplasty

Durability of implanted endoprostheses depends on many factors such as: structural, material, technological and biological. A selection of materials for frictional elements is a problem, which has not been solved yet. According to the numerous laboratory and clinical tests polyethylene parts are the weakest elements of endoprostheses. The acetabular cups in the hip endoprostheses and the polyethylene inserts in the knee endoprostheses are such elements. The main disadvantages of polyethylene are as following:

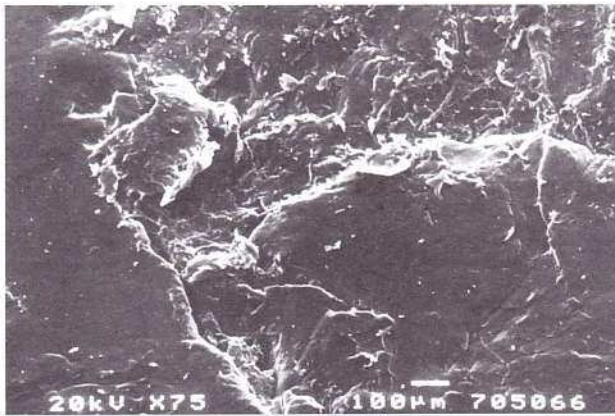
- low wear resistance,
- creep compliance,
- change in structural (degree of crystallinity) and mechanical properties affected by loading and repeated sterilization,
- unfavourable effect of wear products (polyethylene debris) on the human body.

In FIGURE 1, for example, a surface of the worn polyethylene cup, which has been removed during the reimplantation, has been shown. FIGURE 2 shows wear products.

In spite of many disadvantages UHMWPE material is still used for frictional elements for the sake of low friction coefficient.

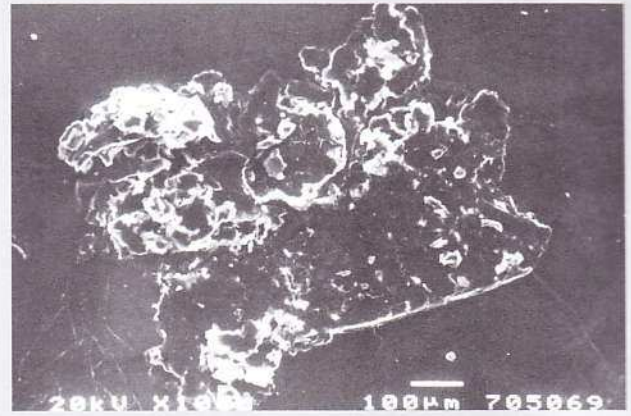
New materials, which are proposed for frictional elements of the HIP endoprostheses

In order to eliminate some inconvenience connected with using UHMWPE for frictional elements West firms propose to replace polyethylene by ceramics. In FIGURE 3, for example, a new solution of endoprosthesis cup with the ceramic insert fixing in a metal casing (Aesculap company)



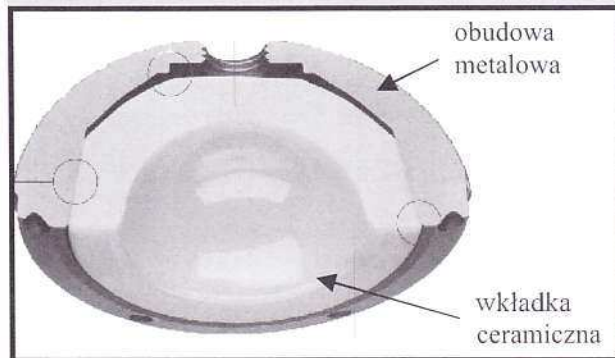
RYS.1. Topografia powierzchni zużytych panewek pobranych od człowieka w czasie zabiegu reimplantacji.

FIG.1. A surface of the worn polyethylene cup, which has been removed during the



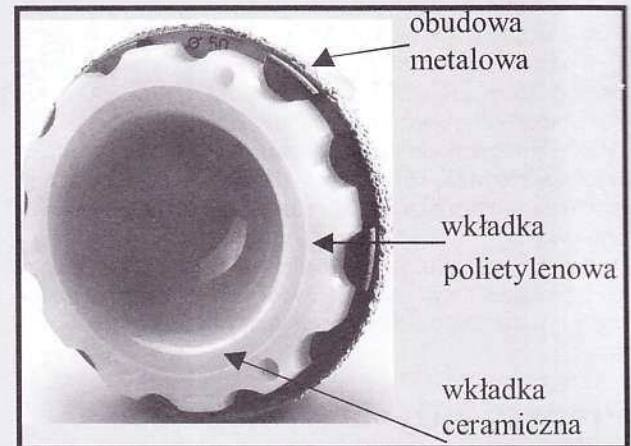
RYS.2. Produkty zużycia panewek polietylenowych z badań na symulatorze stawu biodrowego. Mikroskop scanningowy.

FIG.2. Wear products of polyethylene cups, which were created during the laboratory tests on the



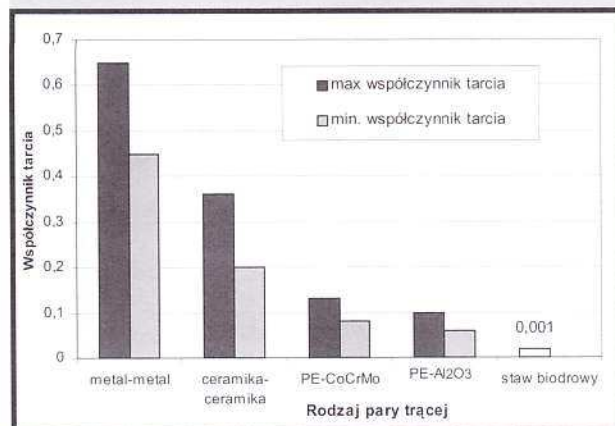
RYS.3. Panewka endoprotezy stawu biodrowego z wkładką ceramiczną firmy AESCULAP [1].

FIG.3. Acetabular cup of hip endprosthesis with a ceramic insert. (AESCULAP company [1])



RYS.4. Panewka endoprotezy stawu biodrowego z wkładką polietylenową i ceramiczną firmy BIOMET MERCK [2].

FIG.4. Acetabular cup of hip endprosthesis with the polyethylene and ceramic inserts (BIOMET MERCK [2])



RYS.5. Wyniki pomiarów współczynnika tarcia uzyskane na symulatorze stawu biodrowego.

FIG.5. The results of friction coefficient obtained from the test stand of hip joint

nie proponują zastąpienie polietylenu, ceramika. Na RYS.3 pokazano przykładowo nowe rozwiązanie panewek endoprotez z wkładką ceramiczną mocowaną w obudowie metalowej firmy Aesculap. Na RYS.4 pokazano sposób mocowania wkładki ceramicznej z przekładką polietylenową firmy BIOMET-MERCK. Są również doniesienia literaturowe o stosowaniu panewek metalowych.

Zastąpienie pary trącej: "metal- UHMWPE" czy też "ceramika- UHMWPE" przez parę trącą "ceramika-ceramika" ma ograniczyć zużycie. Brak jest doniesień literaturowych o oporach tarcia. Z badań laboratoryjnych prowadzonych w Inst. Obr. Plast. Inż. Jak. i Bio. Politechniki Częstochow-

has been shown. FIGURE 4 shows the way of fixing the metal and ceramic inserts (BIOMET MERCK company). There are also some literature reports on applying the metal cups.

Replacing of the frictional pair: "metal- UHMWPE" or "ceramics - UHMWPE" by the "ceramics- ceramics" or "metal - metal" ones should limit their wear. There are no any reports on frictional resistance.

According to the laboratory tests, which were carried out in the Institute of Metal Working, Quality Engineering and Bioengineering of Technical University of Częstochowa on the test stand of hip joint, frictional resistance in the above-mentioned frictional pairs are high. Test results of friction coefficient are illustrated in FIGURE 5.

As it is shown in FIGURE 5 the most disadvantageous frictional pair is the "metal - metal" one.

Results

- 1) Kind of material used for frictional elements of endoprostheses has an essential influence on their durability.
- 2) During selection of materials for frictional pair it is necessary to take into consideration wear products and their effect on a human body.

skiej na symulatorach stawu biodrowego wynika, iż opory tarcia w tych parach trących są duże. Wyniki pomiarów współczynnika tarcia na symulatorze ilustruje RYS.5.

Jak to ilustruje RYS.5 najbardziej niekorzystną jest para trącą typu "metal-metal".

Wnioski

1) Rodzaj zastosowanych materiałów na elementy trące endoprotez ma istotny wpływ na ich trwałość.

2) Przy doborze materiałów na pary trące należy uwzględnić i analizować oddziaływanie produktów zużycia na organizm ludzki.

WPŁYW STERYLIZACJI NA ADHEZJĘ LUDZKICH FIBROBLASTÓW DO BIOMATERIAŁÓW

AGNIESZKA SOWIŃSKA, BOŻENA CUKROWSKA, ELŻBIETA CZARNOWSKA

ZAKŁAD PATOLOGII,
INSTYTUT-POMNIK CENTRUM ZDROWIA DZIECKA, WARSZAWA

Wstęp

Ocena adhezji komórek do podłoża jest jednym z parametrów umożliwiających weryfikację materiału pod względem jego zastosowań w medycynie jako biomateriał. Proces adhezji komórek na biomateriale jest możliwy jeśli na jego powierzchni odłożą się białka substancji pozakomórkowej oraz zostaną aktywowane na powierzchni komórek receptory dla białek adhezyjnych. Jednym z białek pośredniczących w procesie adhezji komórek jest fibronektyna a głównym receptorem dla niej jest integryna $\alpha 5\beta 1$. Receptory po połączeniu z odpowiednimi ligandami skupiają się i tworzą w miejscach najsilniejszej adhezji do substratu tzw. płytki adhezyjne. Sterylizacja jest ważnym czynnikiem wpływającym na interakcję biomateriałów z tkanką. Zależnie od zastosowanej metody może ona zmieniać topografię, energię lub zwilżalność powierzchni co w efekcie wpływa na adhezję [1], proliferację i żywotność komórek [2].

Przedmiotem naszych badań było określenie wpływu różnych rodzajów sterylizacji na adhezję ludzkich fibroblastów do próbek wykonanych ze stopu tytanu Ti-1Al-1Mn oraz z wytworzonymi warstwami powierzchniowymi typu TiN i $(\text{Ti,Ni})_3\text{P}$. Zdolność adhezyjną komórek badano mierząc ekspresję fibronektyny oraz jej receptora - integryny $\alpha 5\beta 1$ przy użyciu cytometrii przepływowej [3].

Materiały i metody

W doświadczeniu użyto próbki o średnicy 20 mm i grubości 3mm wykonane ze stopu tytanu Ti-1Al-1Mn oraz z wytworzonymi w warunkach wyładowania jarzeniowego warstwami typu TiN i $(\text{Ti,Ni})_3\text{P}$. Próbki poddano sterylizacji w autoklawie (para wodna, temperatura 134°C, ciśnienie 1400 hPa, 30 min.) w 10 cyklach lub sterylizacji plazmowej (nadtlenek wodoru, temperatura 54°C, ciśnienie 7 hPa, 1 godz.) w 1 cyklu. Zastosowany rodzaj sterylizacji wybrano na podstawie wcześniejszych badań wskazujących, że wie-

Piśmiennictwo

- [1] Prospekty firmy AESCULAP,
[2] Prospekty firmy BIOMET-MERCK

References

EFFECT OF STERILIZATION ON ADHESION OF HUMAN FIBROBLASTS TO BIOMATERIALS

AGNIESZKA SOWIŃSKA, BOŻENA CUKROWSKA, ELŻBIETA CZARNOWSKA

PATHOLOGY DEPARTMENT,
THE CHILDREN'S MEMORIAL HEALTH INSTITUTE, WARSAW

Introduction

Adhesion of cells to a substrate is one of the prerequisites for assuming the applicability of biomaterials for medical applications in humans. Adhesion depends on adsorption of protein on the material's surface and activation of cell membrane receptors for the adhesion proteins belonging to integrin superfamily. One of the extracellular proteins adsorbed on the material is a fibronectin, which interacts with integrin $\alpha 5\beta 1$. When they are link, a cluster of focal adhesion plaques is formed. Sterilization is an important factor influencing the interaction between the tissue and biomaterial by modifying surface topography, energy and wettability affecting adhesion [1], proliferation and viability [2] of cells.

In the present study, we evaluated the influence of various sterilization processes on adherence of human fibroblasts to Ti-1Al-1Mn titanium alloy and to surface layers of the TiN or $(\text{Ti,Ni})_3\text{P}$ type. Cell adhesive ability was analysed by measuring the expression of fibronectin and its receptor, integrin $\alpha 5\beta 1$ by flow cytometry [3].

Materials and methods

Specimens in the shape of discs, 20 mm in diameter and 3 mm thick prepared from titanium alloy with TiN or $(\text{Ti,Ni})_3\text{P}$ surface layers produced under glow discharge conditions were exposed to sterilization in a steam autoclave (steam, 134°C, 1400 hPa, 30 min) in one cycle or in plasma-sterrad 100 (hydrogen superoxide, 54°C, 7 hPa, 1h) in ten cycles. These types of sterilization were chosen based on the results of our previous investigations showing that multiple sterilization in steam intensively affects TiN surface topography resulting in decreased proliferation and viability of fibroblasts, while plasma sterilization increased