

Monika Gierzyńska - Dolna*

BIOTRIBOLOGIA I APLIKACJE MEDYCZNE

BIOTRIBOLOGY AND MEDICAL APPLICATION

Słowa kluczowe:

endoprotezy, biomateriały, zużycie, obróbka powierzchniowa

Keywords:

endoprotheses, biomaterials, wear, surface treatment

Streszczenie:

W pracy wskazano na kierunki działań prowadzonych w ramach Dekady Kości i Stawów (2000–2010). Omówiono rolę inżynierii materiałowej i biotribologii w rozwoju implantologii. Wskazano na osiągnięcia techniczne biotribologii oraz aplikacje medyczne nowych rozwiązań węzłów ruchowych endoprotez.

PROGNOZY DOTYCZĄCE CHORÓB UKŁADU KOSTNO – STAWOWEGO CZŁOWIEKA I DZIAŁANIA PROWADZONE W RAMACH DEKADY KOŚCI I STAWÓW (LATA 2000 – 2010)

* Politechnika Częstochowska

Analizy statystyczne rozwoju chorób cywilizacyjnych prowadzone przez liczne ośrodki naukowe wskazują na to, że w roku 2010 liczba osób powyżej 50 roku życia ulegnie podwojeniu. Przewiduje się także, że w roku 2010 w Europie będzie więcej ludzi powyżej 60 roku życia, niż 20-latków. Znacznie wzrosną także wydatki na koszty leczenia urazów układu kostno – stawowego. Według prognoz długoterminowych, koszty leczenia następstw urazów w 2010 roku osiągną około 25% wszystkich wydatków zdrowotnych w wielu krajach [1]. Te dość pesymistyczne prognozy skłoniły Światową Organizację Zdrowia do ogłoszenia lat 2000 – 2010 Dekadą Kości i Stawów.

Głównym celem prac prowadzonych w ramach tej dekady jest poprawienie profilaktyki i leczenia chorób układu kostno – stawowego ludności. Niezależnie od tych działań należy bardzo pozytywnie ocenić osiągnięcia ostatniego 20-lecia w zakresie implantologii i to zarówno w zakresie ortopedii, kardiologii, stomatologii jak też doskonalenia konstrukcji narzędzi medycznych.

ROLA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I BIOTRIBOLOGII W ROZWOJU IMPLANTOLOGII.

Powszechne stosowanie w medycynie różnego rodzaju implantów stało się możliwe dzięki:

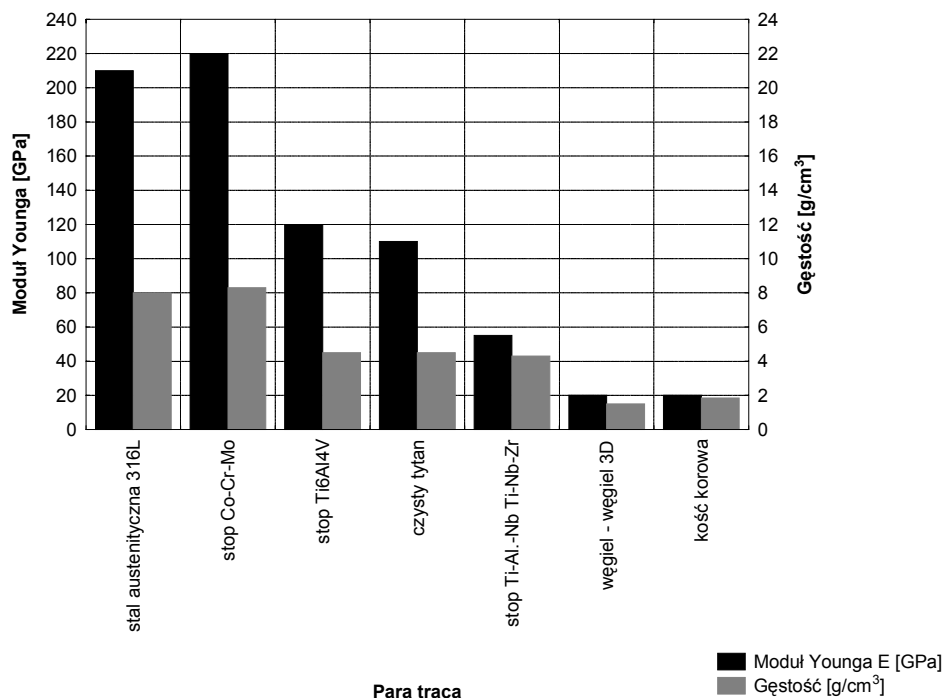
- opracowaniu coraz doskonalszych konstrukcji implantów oraz narzędzi niezbędnych do ich mocowania,
- rozwoju biomateriałów,
- intensyfikacji badań własności tribologicznych biomateriałów i procesów zachodzących w układzie „implant – organizm ludzki”.

Do podstawowych własności które muszą posiadać biomateriały zalicza się najczęściej:

- biotolerancję,
- odporność na korozję,
- odporność na zużycie,
- wysokie własności wytrzymałościowe,
- niski ciężar właściwy.

W grupie materiałów metalowych stosowanych na implanty, badania koncentrują się na poszukiwaniu materiałów o niskim module Younga (najlepiej zbliżonym do modułu sprężystości kości) i małym

ciężarze właściwym. Takim metalem jest tytan i jego stopy, a zwłaszcza stopy z dodatkiem niobu. Na rysunku 1 zestawiono wartości modułów sprężystości podłużnej najczęściej stosowanych materiałów na implanty i ich gęstości.



Rys. 1. Zestawienie modułów Younga i gęstości najczęściej stosowanych materiałów na implanty.

Fig. 1. A juxtaposition of Young's modulus and density of materials used for implants most frequently

Jak to wynika z rysunku 1 w ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w opracowywaniu nowych biomateriałów cechujących się zarówno niskim modułem sprężystości, jak też małym ciężarem właściwym. Czynnikiem ten (ciężar endoprotezy) ma szczególne znaczenie w przypadku, gdy pacjent ma zaimplantowane zarówno endoprotezy stawu biodrowego, jak i kolanowego. Szczególnie korzystnym biomateriałem o dużych perspektywach zastosowań na implanty długookresowe są stopy tytanu nowej generacji typu Ti-Nb-Zr, posiadające bardzo niski moduł sprężystości oraz bardzo dobrą odporność na korozję.

Poza doborem właściwych biomateriałów oraz optymalizacją konstrukcji implantów przy wykorzystaniu MES, istotne znaczenie ma poznanie zjawisk występujących na granicy „kość – implant”, czy też „kość – cement – implant”. Szczególnie istotny okazał się dobór biomateriałów na elementy trące endoprotez, zapewniających zarówno niski współczynnik tarcia, jak też dużą odporność na zużycie. Bardzo ważne było także wyjaśnienie roli produktów zużycia w procesie utraty stabilności endoprotez.

Dziedziną wiedzy, która była bardzo pomocna w wyjaśnianiu tych złożonych procesów stała się biotribologia. Biotribologia zajmuje się analizą i opisem oporów ruchu w naturalnych i sztucznych stawach człowieka (oraz innych organizmów żywych), badaniem wszelkiego rodzaju implantów, a zwłaszcza elementów ruchowych endoprotez. W zakres zainteresowania biotribologii wchodzi także badanie i opis negatywnych skutków procesów tribologicznych, a zwłaszcza oddziaływanie produktów zużycia na obszar okołowszczepowy.

OSIĄGNIĘCIA TECHNICZNE BIOTRIBOLOGII I ICH APLIKACJE MEDYCZNE.

Do grupy implantów, w których istotną rolę odgrywają procesy tribologiczne należą:

- endoprotezy stawu biodrowego, a zwłaszcza układ ruchowy „głowa – panewka”,
- endoprotezy stawu kolanowego – układ „płoza – wkładka polietylenowa”,
- endoprotezy stawu łokciowego,
- wkręty kostne, gwoździe śródszpikowe itp.,
- implanty stosowane w chirurgii szczękowej,

a także instrumentarium chirurgiczne.

O poprawnym funkcjonowaniu endoprotezy, jak też o jej trwałości decydują procesy tribologiczne występujące w węzle ruchowym. Stąd też dużo uwagi poświęca się doborowi materiałów na parę trącą oraz stosowaniu odpowiednio dobranych metod obróbki powierzchniowej.

Jak to wynika z dotychczasowych badań laboratoryjnych i klinicznych został już osiągnięty pułap poprawy biotolerancji poprzez

dobór składu chemicznego i tworzenie warstw pasywnych na powierzchni implantu. Również niezadowalające (zbyt niskie) są właściwości tribologiczne stopów tytanu, które stanowią perspektywiczne tworzywo do zastosowania na implanty. Należy, zatem poszukiwać możliwości poprawy właściwości tribologicznych tych stopów poprzez wykorzystanie metod inżynierii powierzchni.

W celu zwiększenia trwałości implantów długookresowych, takich jak: endoprotezy stawu biodrowego czy też kolanowego, należy zminimalizować procesy tribologiczne występujące w węzłach trących, a przez to również ograniczyć negatywne skutki oddziaływania produktów zużycia.

Jeśli chodzi o rodzaje par trących występujących w przypadku implantów to można wymienić pary trące typu: metal – metal, metal – ceramika, metal – kość, polietylen – kość, ceramika – ceramika, metal – metal.

Niestety tylko niewielka ilość prac z zakresu biotribologii uwzględniła tego typu pary trące, stąd też istnieje potrzeba prowadzenia kompleksowych badań mających na celu wyznaczenie własności tribologicznych nowych biomateriałów.

Do głównych osiągnięć biotribologii jako nauki można zaliczyć:

- identyfikację i opis wiodących procesów zużycia w węzłach ruchowych endoprotez,

- modernizację konstrukcji endoprotez i pozostałych implantów, a szczególnie elementów trących,

- zastosowanie nowych biomateriałów na elementy trące, takich jak ceramika, mających na celu obniżenie zużycia a przez to zwiększenie trwałości endoprotez,

- poprawę własności tribologicznych polietylenu UHMWPE i wprowadzenie nowych gatunków polietylenu o podwyższonej odporności na zużycie,

- zastosowanie nowych powłok zwiększających odporność na korozję i zużycie takich: jak TiN, warstwy węglowe i diamentopodobne, na elementy trące endoprotez oraz wkręty, gwoździe ródzypikowe, a także instrumentarium chirurgiczne.

Na rysunku 2 pokazano przykładowo rozwój konstrukcji endoprotez stawu biodrowego dotyczący zarówno zmiany geometrii trzpienia i panewki, jak też doboru materiałów.

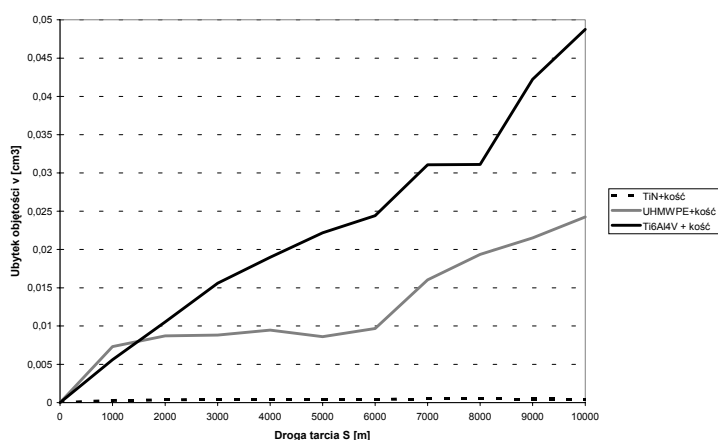


Rys. 2. Przykłady różnych rozwiązań konstrukcyjnych endoprotez stawu biodrowego: a) cementowa endoproteza typu Weller , b) endoproteza Centrament firmy Aesculap, c) cementowa i bezcementowa endoproteza BiContact Aesculap, d) endoproteza S-ROM firmy Joint Medical Products Corporation, e) anatomiczna endoproteza bezcementowa Antega firmy Aesculap, f) anatomiczna endoproteza cementowa Centega firmy Aesculap, g) anatomiczna endoproteza cementowa SHP firmy Biomet Merck [5]

Fig. 2. Structural solutions of some hip endoprostheses: a) a cement Weller endoprosthesis, b) Centrament endoprosthesis of the Aesculap company, c) cement and non-cement BiContact endoprostheses of Aesculap company, d) S-ROM endoprosthesis of the Joint Medical Products Corporation company, e) an anatomical non-cement Antega endoprosthesis of the Aesculap company, f) an anatomical cement Centega endoprosthesis of the Aesculap company, g) an anatomical cement SHP endoprosthesis of the Biomet Merck company [5]

Do szczególnie ważnych należy zaliczyć prace mające na celu poprawienie właściwości tribologicznych stopów tytanu poprzez obróbkę powierzchniową.

Na rysunku 3 pokazano przykładowo krzywe zużycia niektórych biomateriałów współpracujących z kością zwierzęcą. Badania prowadzono przy ruchu posuwisto – zwrotnym i nacisku $p=2,8 \text{ N/mm}^2$ oraz prędkości $v=0,8 \text{ m/s}$. Jak wynika z rysunku 3 największe zużycie występowało przy współpracy stopu Ti6Al bez obróbki powierzchniowej z kością. Wytworzenie na powierzchni stopu warstwy azotku tytanu metodą jarzeniową zwiększyło wielokrotnie odporność na zużycie. Odporność na zużycie Chirulenu 1020 przy współpracy z kością była znacznie wyższa niż stopu tytanu Ti6Al4V bez obróbki powierzchniowej.



Rys. 3. Krzywe zużycia stopu tytanu Ti6Al4V i polietylenu Chirulenu 1020 współpracujących z kością wołową.

Fig.3. Wear curves of Ti6Al4V titanium alloys and Chirulenu 1020 polyethylene collaborating with beef bone

KIERUNKI BADAŃ I ROZWOJU BIOTRIBOLOGII

Główne kierunki badań w zakresie biotribologii powinny koncentrować się na następujących działaniach:

- poprawie własności tribologicznych biomateriałów stosowanych na elementy trące endoprotez, a zwłaszcza polietylenu,
- modyfikacji warstwy wierzchniej polietylenu np. poprzez implantację jonów,

dobór innych skojarzeń na elementy trące endoprotez,
wykorzystanie osiągnięć inżynierii powierzchni do modyfikacji
warstwy wierzchniej biomateriałów, a zwłaszcza stopów tytanu.

LITERATURA

Praca zbiorowa p. red. J. Kruczyńskiego: Dekada Kości i Stawów
s.2000 - 2010, Kraków 2000.

Gierzyńska-Dolna M. – Biotribologii. Wydanie Politechniki
Częstochowskiej, 2002

Gierzyńska-Dolna M. – Tribological problems in natural and artificial
human joints. Inżynieria Biomateriałów. 1997, Nr 1, s.8-10

Marciniak J. Biomateriały, Wyd. Politechniki Śląskiej, 2002

Prospekty firm: ASECULAP, KERAMED, BIOMET-MERCK, Joint
Medical Products Corporation.

Recenzent:
Jan BURCAN

Summary

In the paper the possible ways of developing actions concerning the Bones and Joint Decade (2000-2010) were given. A role of material engineering and biotribology in implantology was discussed. Both technical achievements of biotribology and medical application of new solutions used in moveable pairs of endoprotheses were pointed out.