

Ewa KOLCZYK*, Anżelina MAREK*, Krzysztof SOBCZYK**

*Katedra Mechaniki Materiałów, Politechnika Śląska, Katowice

**Szpital Miejski w Siemianowicach Śląskich

SPOSOBY NISZCZENIA POLIETYLENOWYCH PANEWEK ENDOPROTEZ STAWU BIODROWEGO

Streszczenie. W oparciu o przegląd literatury opisano zjawiska niszczenia polietylenowych panewek endoprotez stawu biodrowego, uwzględniając problematykę zużycia ściernego, plastycznego odkształcenia, pęknięcia i pełzania materiału. Podjęto próbę uporządkowania wpływu czynników mechanicznych, strukturalnych i biologicznych na mechanizm obłuzowania elementów sztucznego stawu biodrowego.

1. WSTĘP

Duży postęp w dziedzinie alloplastyki stawu, szczególnie biodrowego, nie byłby możliwy bez rozwoju inżynierii materiałowej oraz biomechaniki.

Materiały stosowane na implanty, między innymi na elementy endoprotez, powinny posiadać:

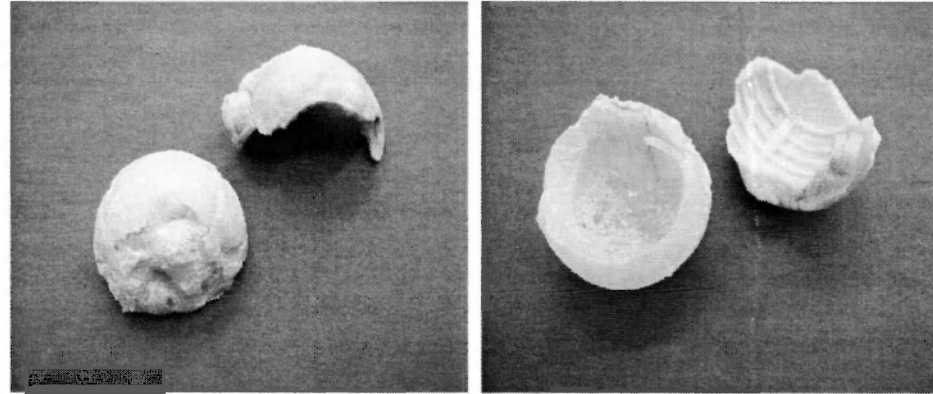
- odpowiednie właściwości mechaniczne (wytrzymałość na rozciąganie, moduł sprężystości, wytrzymałość zmęczeniową),
- odporność na korozję,
- odpowiednie właściwości trybologiczne,
- obojętność biologiczną [1].

Koncentrując się na zagadnieniu zużycia polietylenowych panewek endoprotez stawu biodrowego, należy zwrócić uwagę na problematykę odkształcania plastycznego, pęknięcia, pełzania i zużycia ściernego materiału.

2. ANALIZA ZJAWISK NISZCZENIA PANEWEK

Panewki wykonane są z wysokocząsteczkowego polietylenu, który charakteryzuje się małym współczynnikiem tarcia, obojętnością biologiczną i niskimi właściwościami mechanicznymi, szczególnie niską granicą plastyczności i skłonnością do pełzania [2].

W miarę upływu czasu panewka zmienia swój kształt w wyniku trwałych odkształceń (zmniejsza się grubość ścianki), jak również w wyniku zużycia trybologicznego, co prowadzi do osłabienia przekroju panewki i w końcu do perforacji lub pęknięć. Z odkształceniami trwałymi wiąże się proces utraty spójności cementu kostnego, przy pomocy którego panewka jest kotwiczona w kości miednicy (rys. 1). Panewka obłuzowuje się w warstwie cementu, a powstające cząsteczki cementu mogą przemieszczać się, powodując zniszczenie tkanki kostnej w otoczeniu panewki [2, 3].



Rys. 1. Polietylenowa panewka z fragmentami cementu kostnego po 17-letnim okresie użytkowania z widocznymi efektami zużycia trybologicznego, odkształcenia plastycznego i pęknięcia

Na mechanizm obłuzowania elementów sztucznego stawu biodrowego mają wpływ czynniki: mechaniczne, strukturalne i biologiczne. Oddziaływanie na powierzchniach elementów stawu biodrowego zmieniających się cyklicznie naprężeń kontaktowych może prowadzić do pittingu, delaminacji i zmian krystalicznych polimeru. W rezultacie obce ciała prowadzą do osteolizy, resorpcji kości i zniszczenia implantu oraz wewnętrznego obłuzowania [4].

Do podstawowych mechanizmów zniszczenia trybologicznego zalicza się zużycie abrazyjne, adhezyjne i zmęczeniowe. Powierzchnia po procesie zużycia posiada regularne fale [5]. Zarówno zużycie abrazyjne, jak i adhezyjne może prowadzić do wysokiego stopnia zużycia panewek z wysokocząsteczkowego polietylenu UHMWPE [6].

Jedną z metod, która prowadzi do zmniejszenia dużych odkształceń plastycznych powierzchni silnie usieciowanego materiału jest powstrzymanie możliwości poruszania się łańcuchów i ich reorientację, a tym samym zmniejszenie zużycia panewki. Można poprawić odporność na zużycie panewek poprzez zastosowanie promieniowania jonizującego. Stopień poprawy jest tym większy, im większa jest dawka promieniowania. Krystaliczność polimeru spada ze wzrostem dawki promieniowania gamma. Zaobserwowano, że szczątki zużycia były mniejsze dla XLPE niż dla UHMWPE. Elementami zużycia UHMWPE są fibryle i części zaglomerowane [4, 6, 7].

Na styku polimer-metal, tworzywo doznaje odkształceń pod wpływem wysokich obciążeń. W wyniku tego panewka może zmienić kształt i spowodować obłuzowanie całej endoprotezy. Konsekwencją zużycia trybologicznego endoprotezy z panewką polietylenową przy występowaniu par trących:

- polietylen - kość,
- metal - polietylen,
- metal - kość,

są następujące produkty zużycia: mikrowykruszenia kości, metalu, jak i polietylenu, a także odkształcenie polietylenu [9].

W celu zwiększenia stabilności podwójnej panewki metalowo-polietylenowej można użyć śrub służących do zamocowania półkolistego, porowatego elementu panewki. Jednak powoduje on zużycie ściernie na połączeniu śrub i metalowej czapeczki, zużycie polietylenu w otworach śrub z niszczeniem wzdłuż rozstawu śrub i penetrację śrub w strukturę neuronaczyniową [11].

Na obłuzowanie panewek ma również wpływ stan strukturalny polimeru, który ze zwiększeniem okresu użytkowania implantu ulega zmianie.

Polietylen jest liniowym polimerem zawierającym kryształy lamelarne i między nimi strefę amorficzną [5]. Wraz ze wzrostem okresu użytkowania implantu stopień krystaliczności polietylenu wzrasta, gdyż ulega on w organizmie człowieka utlenieniu. Powoduje to większą kruchość materiału i z tego powodu szybsze zużycie mechaniczne, połączone ze złamaniem i rozkawałkowaniem elementu. Zmiana struktury krystalicznej polietylenu następuje pod wpływem działania czynników biologicznych [3, 8].

Do czynników inicjujących mechaniczne uszkodzenie endoprotezy zalicza się uraz, działanie wibracyjne, wadliwe-koślawe lub niecentralne umieszczenie panewki, zbyt płytkie zaczepy cementu, nierówność dna kostnego i niedoskonałą technikę operacyjną, jak również stosowanie za dużych o 2-3 mm elementów [10, 11].

Inicjowanie pęknięć wiąże się z występowaniem obszarów cyklicznie obciążonych [12]. Pęknięcia powstają na brzegach i mogą rozchodzić się przez dno panewki od tylnej do przedniej ściany. Innym powodem występowania pęknięć jest stosowanie panewek o zbyt dużych wymiarach, mocowanych na wcisk. Takie pęknięcia zależą od wielu czynników, a mianowicie:

- sztywności kości,
- wielkości siły zadanej przy mocowaniu panewki,
- rozmiaru panewki,
- wytrzymałości materiału panewki [11].

2. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonego studium literaturowego można stwierdzić, że polietylenowe panewki endoprotezy stawu biodrowego ulegają różnym sposobom niszczenia, w zależności od różnych czynników. Ważnymi czynnikami są:

- właściwości wyjściowe materiału,
- kształt i wymiary implantu (czynniki geometryczne),
- środowisko biologiczne (organizm),
- technika operacyjna,
- czas użytkowania implantu,

jak również styl życia pacjenta, który nie powinien nadmiernie obciążać stawu biodrowego.

Postęp nauki prowadzi do coraz to nowych rozwiązań konstrukcyjnych panewek, które w coraz większym stopniu eliminują pojawiające się problemy.

LITERATURA

- [1] Marciniak J.: Biomateriały w chirurgii kostnej, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1992.
- [2] Okrajni J., Myalski J., Toborek J., Kusz D., Cybo J., Duda P.: Prognozowanie zmian właściwości polietylenowej komponenty panewkowej endoprotezy stawu biodrowego. Materiały II Sympozjum Biomechaniki w Implantologii, Katowice 1999, s.128-133.
- [3] Toborek J., Okrajni J., Gajda Z., Cybo J.: Mechaniczne uwarunkowania trwałości polietylenowej panewki w całkowitej endoprotezoplastyce stawu biodrowego. Chir. Narz. Ruchu i Ortop. Pol. 65(3), 2000, s.249-254.
- [4] Affatato S., Bersaglia G., Rocchi M., Taddei P., Fagnano C., Toni A.: Wear behaviour of cross-linked polyethylene assessed in vitro under severe conditions. Biomaterials 26, 2005, s.3259-3267.
- [5] Shi W., Dong H., Bell T.: Tribological behaviour and microscopic wear mechanisms of UHMWPE sliding against thermal oxidation treated Ti6Al4V. Material Science and Engineering, A291, 2000, s.27-36.
- [6] Wang A., Essner A., Polineni V.K., Stark C., Dumbleton J.H.: Tribological International 1998, Vol.31, s.17-31.
- [7] Edidin A., Pruitt L., Jewett C.W., Crane D.J., Kurtz S.M.: Plasticity introduced damage layer is a precursor to wear in radiation cross linked UHMWPE acetabular components for total hip replacement. Journal Arthroplasty, 1999, 14(5), s.616-627.
- [8] Otfinowski J., Pawelec A.: Zmiany krystaliczności polietylenu w usuniętych panewkach endoprotez Wellera. Chir. Narz. Ruchu i Ortop. Pol., 1994, s.283-286.
- [9] Gierzyńska-Dolna M.: Niektóre aspekty badań tribologicznych materiałów stosowanych w medycynie. Materiały konferencyjne: Nowe materiały i technologie dla medycyny. Częstochowa-Kokotek, 1995, s.187-197.
- [10] Król R.: Czynniki wpływające na mechaniczne uszkodzenie polietylenowej panewkowej części protezy stawu biodrowego. Chir. Narz. Ruchu i Ortop. Pol., 1994, s.274-279.
- [11] Kim Y.S., Callaghan J.P., Brown T.: Fracture of acetabulum during insertion of an oversized hemispherical component. The Journal of Bone and Joint Surgery, 1995, s.111-117.
- [12] Birman M., Noble P., Conditt A., Li S., Mathis K.: Cracking in Ultra High Molecular Weight Polyethylene Acetabular Liners. The Journal of Arthroplasty, 2005, s.87-92.

DESTRUCTION METHODS OF THE ARTIFICIAL HIP POLYETHYLENE ACETABULAR CUPS

Summary. On the base of literature review destruction phenomenons of the artificial hip polyethylene acetabular cups have been described taking into consideration tribological wear, plastic deformation, fracture and material creep. It has been analyzed influence of mechanical, structural and biological factors on loosening of artificial hip components.