

deg). Natomiast w próbkach z naniesionymi warstwami otrzymujemy praktycznie tylko refleksy od warstw, co świadczy o ich kilku mikrometrowej grubości. Im więcej węgla w warstwie tym bardziej uwidacznia się przesunięcie pików w stronę węgla tytanu. I tak w warstwie z azotku tytanu obserwujemy pik przy $2\theta \sim 42,83$ deg. Obecność 5,68 %at. C przesuwa pik do wartości $2\theta \sim 42,59$ deg, natomiast jeszcze większa zawartość węgla (11,10%at.C) do wartości $2\theta \sim 42,31$ deg.

Z analizy krzywych przedstawionych na RYS. 3 wynika, że powłoki azotku i węglikoazotku tytanu w niewielkim stopniu poprawiają odporność korozyjną stopu WIRONIT. Nie obserwuje się natomiast zasadniczych różnic w odporności korozyjnej warstw węglikoazotków i azotków na tych stopach. Na krzywych potencjodynamicznych wyraźnie widoczny jest obszar pasywny, w przypadku warstw pokrytych powłokami większy niż dla próbek bez pokrycia. Próbki pokryte warstwami węglikoazotków tytanu zachowują się podobnie do próbek pokrytych azotkiem tytanu, jeśli chodzi o rodzaj występującej korozji.

Mała poprawa odporności korozyjnej badanych warstw może też być spowodowana ich porowatością, która znacznie pogarsza szczelność powłok a tym samym ich odporność korozyjną.

are present. In the samples with layers only reflections from the layers are obtained, what proves their thickness is about few microns. The more carbon in the layer, the more visible is the translation of the peak in the direction of titanium carbide. In the layer from titanium nitride, the peak is visible on $2\theta \sim 42.83$ deg. The presence of 5.68% at.C moves the peak to the value of $2\theta \sim 42.59$ deg, and even more carbon content (11.10%at.C) to the value of $2\theta \sim 42.31$ deg.

The analysis of the curves presented in FIG. 3 confirms that the titanium nitrides and nitrocarbides improve not significantly the corrosion resistance of the WIRONIT alloy. No substantial differences of the corrosion resistance of the layers of nitrides and nitrocarbides on these alloys were observed. Passive area, greater in case of the coated layers, is visible on the potentiodynamic curves. Samples covered with the titanium nitrocarbides layers behave similarly to layers samples coated with titanium nitride as far as the type of the corrosion is concerned.

Small improvement of corrosion resistance of the examined layers can also result from their porosity, which significantly deteriorates tightness of the layers and in the same time its corrosion resistance.

Piśmiennictwo

- [1] Christens G.J., Craig R.G., Powers J.M., Wataha J.C.: Materiały stomatologiczne. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner Wrocław 2000.
- [2] Wendler B., Błaszczak A., Chejchman Z., Gawroński Z., Jakubowski K.: "Wytwarzanie, własności i zastosowanie cienkich warstw węglików i węglikoazotków na podłożach stalowych" Nowoczesne Technologie w Inżynierii Powierzchni. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa Łódź - Spała 20-23. 09. 1994 Kwadrat Łódź 1994. 255-260.
- [3] Wierchoń T., Precht W., Ulbin-Pokorska I., Sikorski K.: "Struktura i odporność korozyjna warstw azotku chromu wytwarzanych na stali metodą próżniowego odparowania tlenkowego" II Ogólnopolska Konferencja Naukowa Nowe Technologie w Inżynierii Powierzchni. Inżynieria Materiałowa 2000. XXI. (6). 473-477.
- [4] Peterson C., Hillberry B., Heck D.: "Component wear of total knee prostheses using Ti-6Al-4V, titanium nitride coated Ti-6Al-4V, and cobalt-chromium-molybdenum femoral components". J. Biomed. Mater. Res. 1988. 22. 887-903.

References

- [5] Thull R.: "Korrosionseigenschaften mit Titan-Niob-Oxinitrid beschichteter Dentallegierungen" Dtsch. Zahnärztl. Z. 1991. 46. (11) 712-717.
- [6] Wisbey A., Gregson P., Tuke M.: "Application of PVD TiN coating to Co-Cr-Mo based surgical implants" Biomaterials 1987. 8. (6). 477-480.
- [7] Walkowicz J., Bujak J., Miernik K., Smolik J.: "Badania trwałościowe powłok TiN, TiC/Ti(C.N)/TiN" Nowoczesne Technologie w Inżynierii Powierzchni. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa Łódź - Spała 20-23. 09. 1994 Kwadrat Łódź 1994. 219-224.
- [8] Januszewicz B., Klimek L.: "Investigation of TiCN coatings on steel substrates deposited by means of low pressure cathode ARC technique, Acta Metallurgica Slovaca, 10, 2004, s. 926-929.

MIKROSKOPOWA OCENA ZUŻYCIA POWIERZCHNI CEWNIKÓW DOTĘNICZYCH

LESZEK KLIMEK*, WALDEMAR MACHAŁA**

*INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ, UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ, POLSKA

**ZAKŁAD ANESTEZJOLOGII I INTENSYWNEJ OPIEKI MEDYCZNEJ UNIWERSYTETU MEDYCZNEGO W ŁÓDŹI; UNIWERSYTECKI SZPITAL KLINICZNY NR 2, ŻEROMSKIEGO 113, 90-549 ŁÓDŹ, POLAND

Streszczenie

Umieszczenie cewnika (kaniula) w naczyniu krwionośnym (kaniulacja żyły/tętnicy), jest podstawowym

MICROSCOPE EVALUATION OF ARTERIAL CANNULA EROSION WEAR

LESZEK KLIMEK*, WALDEMAR MACHAŁA**

*TECHNICAL UNIVERSITY OF ŁÓDŹ, INSTITUTE OF MATERIAL SCIENCE, UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ, POLAND

**MEDICAL UNIVERSITY OF ŁÓDŹ, DEPARTMENT OF ANAESTHESIOLOGY AND INTENSIVE CARE, UNIVERSITY HOSPITAL No 2, ŻEROMSKIEGO 113, 90-549 ŁÓDŹ, POLAND

Abstract

Introduction of a cannula into a blood vessel (venous/arterial cannulation) is a basic procedure in modern medicine. Cannulas must meet high require-

zabiegami wykonywanymi we współczesnej medycynie. Kaniulom stawia się szczególne wymagania, które mają ograniczyć częstość występowania powikłań. Materiał, z którego wykonany jest cewnik powinien być dobrze tolerowany przez organizm. Na uszkodzenia mechaniczne narażone są przede wszystkim cewniki tętnicze (znajdują w tzw. przeciupływie do przepływającej krwi, co predysponuje czóło kaniuli do mechanicznych uszkodzeń przez upostaciowane elementy krwi). Powszechność kaniulacji powinna wymuszać badania nad zachowaniem się kaniuli w kontakcie z przepływającą krwią, a w szczególności zużycie się ich, predysponujące do występowania powikłań. W pracy przedstawiono wyniki badań zużycia powierzchni kaniuli przebywających w organizmie pacjenta do 14 dni. Obserwowane na powierzchni kaniuli zużycie ma charakter zużycia erozyjnego. Uwzględniając właściwości i wielkość płytek krwi, zagłębienia w powierzchni hemozgodnych materiałów nie powinny być większe niż $0,2 \mu\text{m}$. W praktyce jednak trudno otrzymać wyroby spełniające ten wymóg. Przy takiej powierzchni znacznie wzrasta skłonność do tworzenia zakrzepów na powierzchni kaniuli, co jest zjawiskiem niebezpiecznym dla pacjenta. Autorzy w swojej pracy przedstawili wstępne wyniki badań, w których wykazali zależność pomiędzy czasem przebywania kaniuli w ustroju, a stopniem jej mechanicznego zużycia. Badania takie pozwalają na określenie maksymalnego czasu, jaki mogą przebywać cewniki w naczyniach tętniczych bez zagrożenia powstania zakrzepu spowodowanego uszkodzeniem powierzchni.

Słowa kluczowe: kaniule, elektronowy mikroskop skaningowy, zużycie powierzchni
[Inżynieria Biomateriałów, 43-44, (2005), 43-46]

Wstęp

W ciągu ostatnich kilku lat obserwuje się tendencję do rozszerzania wskazań do kaniulacji naczyń krwionośnych [1, 2]. Najczęściej czynności te wykonywane są w ratownictwie medycznym, w oddziałach anestezjologii i intensywnej terapii i oddziałach ostrych zatruć. Za kaniulację zwykło się uważać wprowadzenie do układu naczyniowego cewnika, dzięki któremu istnieje możliwość: pobierania krwi, podawania leków, przetaczania płynów, prowadzenia terapii (np. nerkozastępczej, zabiegów koronaroplastyki) oraz monitorowania pacjenta. Kaniule wprowadzane są zarówno do żył, jak i do tętnic [2, 3].

Przez kaniulację naczynia tętniczego (wysokociśnieniowego i wysokooporowego) rozumie się przede wszystkim nakłucie i wprowadzenie cewnika do tętnicy promieniowej (gazometria i monitorowanie ciśnienia tętniczego krwi tzw. systemowego), rzadziej tętnicy grzbietowej stopy [4] oraz przy określonych wskazaniach do tętnicy płucnej (cewnik Swan'a-Ganz'a - dla monitorowania parametrów odczytywanych z monitora rzutu serca) [5]. Rozwój kardiologii i radiologii interwencyjnej coraz częściej związany jest z nakłuwaniem tętnic dla wykonania zabiegów takich chociażby, jak koronarografia i koronaroplastyka.

Kaniulacja oznacza pozostawienie w naczyniu heterogenego materiału. Cewnikom naczyniowym stawia się, więc szczególne wymagania, które mają ograniczyć częstość występowania powikłań związanych z cewnikowaniem [6, 10]. Materiał, z którego wykonany jest cewnik powinien być dobrze tolerowany przez organizm (biozgodny) i trombozgodny tj. na jego powierzchni nie powinny tworzyć się zakrzepy (wytrącanie się fibryny na powierzchni kaniuli po-

ments in order to decrease the number of complications - they must be well tolerated by patient's organism. Especially arterial cannulas are at risk of mechanical damage (they are in a "counter current" to blood flow) which predisposes the head of cannula to mechanical damage by morphotic blood elements. Common use of cannulas should encourage studies investigating cannula's reactions to blood flow and it should focus on cannula wear leading to complications. It facilitates examination of material damage and material wear and it could also be used for examining arterial cannulas. Cannula wear observed at cannula surface is called erosive wear. Considering size and properties of platelets - it has been assumed that excavations in surface of homocompatible materials should not exceed $0.2 \mu\text{m}$. In spite of these suggestions it is difficult to obtain products meeting such requirements which increases the risk of forming clots on cannula's surface. Study authors presented preliminary study results which proved interdependence between time of cannula stay in organism and a degree of cannula mechanical wear. Such studies allow to estimate the maximal time of cannula stay in arterial vessels, avoiding risk of clots caused by surface damage.

Key words: cannula, scanning electron microscope, surface wear
[Engineering of Biomaterials, 43-44, (2005), 43-46]

Introduction

A tendency to extend therapeutic indications of arterial cannulation has been observed over the recent years [1, 2]. This type of medical procedures are most common in Emergency Medical Service, at Intensive Care and Acute Poisoning Units. Cannulation has been usually defined as the process of cannula insertion into a vascular system enabling medical staff to take blood, apply medication, transfuse liquids, administer various therapies (i.e. renal replacement therapy, coronaroplasty) and to monitor patient's condition. Cannulas may be introduced both into veins and arteries [2, 3].

Arterial cannulation (high-pressure and high-resistance) has been most often described as performing an arterial puncture and inserting the cannula into radial artery (gasometry and monitoring of arterial blood pressure), exceptionally into dorsal foot artery/dorsalis pedis artery [4] and in certain indications a cannula could be also inserted into pulmonary artery (Swan-Ganz catheter - for monitoring cardiac output monitor parameters) [5]. The development of cardiology and intervention radiology often entails puncturing of arteries in order to perform various surgical procedures i.e. coronarography or coronaroplasty.

Cannulation also entails the necessity of leaving heterogenous material in a blood vessel. Therefore, cannulas must meet high requirements in order to decrease a number of complications occurring as a result of this process [6, 10]. The substance of which cannulas are made should be well tolerated by patient's organism (biocompatible) and also atrombogenic - clots should not be formed on cannula's surface (precipitation of fibrin on cannula's surface may cause release of clots which, in turn, may block small blood vessels and lead to infarctions - especially pulmonary infarction and brain stroke). The material should also have proper mechanical strength/endurance/resistance facilitating infusion by both methods: gravitation/al and pressure pump method. Furthermore, the structure of cannula's surface is also of great importance due to the fact that it

wodować może uwalnianie się zatorów, które zamykając małe naczynia prowadziły będą do zawałów - przede wszystkim płuc i mózgu). Materiał ten powinien również posiadać odpowiednią wytrzymałość mechaniczną odpowiadającą, z wystarczającym zapasem określonym warunkom wlewu - najczęściej do układu żylnego (grawitacyjny, pod ciśnieniem). Duże znaczenie ma też struktura powierzchni cewnika, która wpływa na skłonność do powstawania i szerzenia się zakrzepów [3]. Wskazana jest możliwie największa gładkość powierzchni, ponieważ jak wykazały badania wielu materiałów, zmniejszenie gładkości, a więc rozwinięcie powierzchni jest decydującym czynnikiem powodującym zwiększenie ryzyka tworzenia się zakrzepów [7]. Ważne jest, aby wszystkie te właściwości cewnika nie zmieniały się podczas jego przebywania w ustroju. Współczesne cewniki wykonane są z materiałów takich, jak teflon, poliuretan, elastomer silikonowy, polietylen lub polipropylen [2].

Czas bezpiecznego przebywania cewnika w organizmie człowieka jest różnie długi. Uważa się, że np. cewniki z polichlorku winylu (PCV) nie powinny przebywać w naczyniu dłużej niż 5-7 dni; a kaniule silikonowe i teflonowe 14 dni. Ograniczenie czasu utrzymywania kaniuli w naczyniu wynika przede wszystkim z przyczyn infekcyjnych. Od kilku lat funkcjonują na rynku cewniki impregnowane związkami srebra, sulfatiazynami i chlorheksydyną [2], które wykazują długotrwały efekt przeciwbakteryjny i mogą być utrzymywane w organizmie nawet 4 tygodnie [8]. Zasady aseptyki i antyseptyki nakazują usunięcie cewnika z naczynia krwionośnego w sytuacji, w której stwierdza się znamiona infekcji w okolicy wprowadzenia go do naczynia.

Cewnik, który wprowadzono do naczynia narażony jest na m. in. mechaniczne oddziaływanie przepływającej krwi (przez elementy morfotyczne). Z cewników dożylnych i dotętnicznych szczególnie narażone są te ostatnie, z uwagi na wyższe ciśnienie krwi oraz inne usytuowanie w stosunku do przepływającej krwi [9]. Człowiek kaniuli tętniczej ustawione jest w tzw. przeciwpłądzie do przepływającej krwi, co może w konsekwencji spowodować jej mechaniczne uszkodzenie.

Material i metoda

Mając na względzie możliwość zużycia cewników naczyniowych autorzy przeprowadzili badania wstępne (pilotażowe) kaniul tętnicznych, które były wprowadzane u ludzi techniką Seldingera. Badane kaniule wykonane były z polichlorku winylu. Wszystkie oceniane kaniule wyprodukowane zostały przez tą samą firmę. Kaniulacji dokonywała jedna osoba dbając o to, by technika wprowadzania była podobna u wszystkich pacjentów. Przeprowadzono badania porównawcze kaniul nowych oraz przebywających w organizmie pacjenta 7 i 14 dni. Badania wykonano w mikroskopie elektronowym Hitachi S-3000 N przy powiększeniach od 40x do 5000x. Obserwowano zarówno powierzchnie zewnętrzne kaniul jak i ich przekroje.

Obrazy porównawcze powierzchni zewnętrznej nowych przedstawiono na RYS. 1a-b, natomiast używanych na RYS. 2a-b.

W celu oszacowania głębokości powstałych ubytków na powierzchni kaniuli wykonano obserwacje ich przekrojów poosiowych. Wyniki przedstawiono na RYS. 3a-b oraz 4a-d.

Omówienie wyników

Na powierzchniach używanych cewników obserwuje się zużycie w postaci różnej wielkości ubytków materiału kaniuli. Charakter ubytków materiału oraz analiza warunków

may influence formation and spreading of clots [3]. The cannula's surface should be as smooth as possible since it has been proved that the decrease of surface smoothness is the most vital factor leading to increase of forming clots [7]. It is essential that all those properties of a cannula remained unchanged during cannula's stay in the organism. Modern cannulas are made of teflon, polyurethane, silicone elastomer, polyethylene or polypropylene [2].

Time length of safe stay of a cannula in human organism may vary. It is considered that cannulas made of i.e. polyvinyl chloride (PCV) should not remain in a blood vessel for longer than 5-7 days; silicone and teflon cannulas not longer than 14 days. Limitation of cannula's stay in a vessel is usually connected to infections. Cannulas impregnated with silver compounds, sulphatazines and chlorhexidine has been recently available on the market [2]. They show to have long-term antibacterial effect and they may remain in the organism for up to 4 weeks [8]. Principles of aseptics and antiseptics recommend to remove the cannula from the vessel when symptoms of infection are recognised around the puncture where cannula was inserted.

A cannula introduced into the vein is at risk of mechanical damage i.e. caused by morphotic elements of flowing blood. Heads of arterial cannulas are particularly at risk of mechanical damage as they are positioned in a "counter current" to blood flow [9].

Material and method

Taking cannula wear into consideration study authors performed preliminary examination of arterial cannulas introduced into patients' blood vessels by Seldinger technique. All tested cannulas were made of polyvinyl chloride and they were produced by the same company. One person performed cannulation taking great care so that cannulas were inserted in possibly the same manner with each patient. Next, a comparative examination of cannulas was performed - new cannulas and those after 14-day-stay in patients' organism were compared. The tests were carried out using Hitachi S-3000 N electron microscope, magnified from 40x to 5000x and both external surface and (cross) section of cannulas were observed.

Results

Comparative pictures presenting the surface of new cannulas are shown on FIGs. 1a-b, FIGs. 2a-b present the surface of used cannulas.

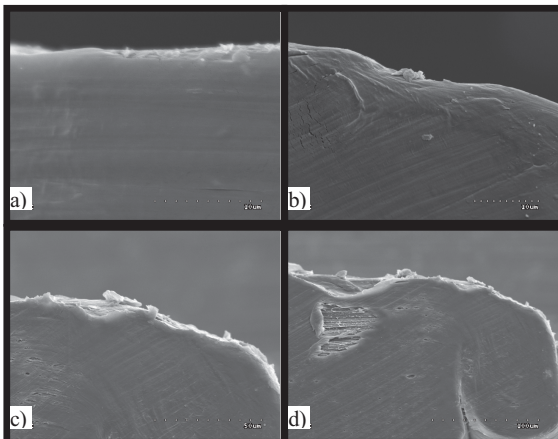
Moreover, in order to evaluate the depth of excavations on the surface observation of cannulas' longitudinal section was also performed. The results are presented on FIGs. 3a-b and 4a-d.

Various sizes and types of material loss observed on the surface of used cannulas analysed under various conditions prove the occurrence of erosive wear. Considering properties and size of platelets - it has been assumed that excavations on the surface of homocompatible materials should not exceed 0,2 μm in order to avoid formation of blood clots [10]. Material loss on the head of cannula presented on FIGs. 2 a-b and 4 a-d and also on lateral surface of cannula is many times/significantly bigger and it was estimated during the examination from 2 to 20 μm , depending on the length of cannula's stay in the organism. Therefore, it could be concluded that cannula's surface has significant impact on formation of clots on the cannula which could appear to be dangerous for the patient.

Proper evaluation on cannula's condition after various

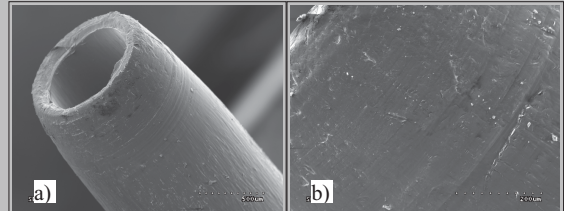
pracy wskazują na erozyjne zniszczenie powierzchni kaniuli. Uwzględniając właściwości i wielkość płytek krwi, zagłębienia w powierzchni hemozgodnych (biozgodnych) materiałów nie powinny być większe niż $0,2 \mu\text{m}$, w przeciwnym razie mogą powodować zakrzepy [10]. Widoczne na RYS. 2a-b i 4a-d ubytki materiału na czole oraz na powierzchni bocznej kaniuli są wielokrotnie większe i w badanych kaniulach wynosiły od 2 do $20 \mu\text{m}$ w zależności od czasu przebywania w organizmie pacjenta. Można, więc stwierdzić, że przy takiej powierzchni znacznie wzrasta skłonność do tworzenia zakrzepów na powierzchni kaniuli, co jest zjawiskiem zdecydowanie niekorzystnym, a nawet niebezpiecznym dla pacjenta.

Oceniając stan cewników różnie długo przebywających w naczyniu - można śledzić postępowanie procesu ich zużycia się w czasie. Badania takie pozwolą na określenie maksymalnego czasu, jaki mogą przebywać cewniki tętnicze w naczyniu, bez ryzyka powstania zakrzepu na ich powierzchni. Ponieważ kaniula służy m.in. do monitorowania parametrów hemodynamicznych, rejestrowanych w sposób ciągły - można powiązać procesy zużycia z parametrami przepływającej krwi np. liczbą elementów morfotycznych (erytrocyty, leukocyty, płytki krwi) i parametrami krzepnięcia (INR, APTT, fibrynogen).

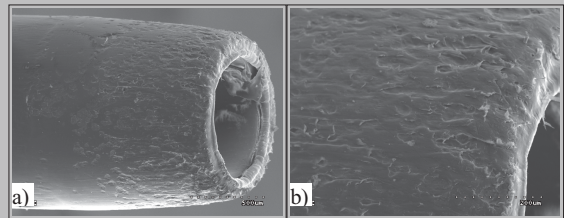


RYS. 4. Przekroje poosiowe kaniuli używanej.
FIG. 4. Longitudinal sections of used cannulas.

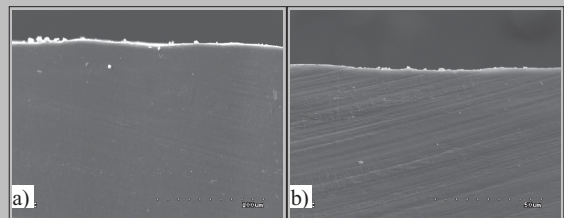
length of stay in the artery - allows to trace the process of cannula's wear. The study allows to estimate the maximal time of cannula stay in arterial vessels and to avoid the risk of clotting. Due to the fact that cannulas are used to monitor haemodynamic parameters registered continuously - it proves logical to connect erosive wear with the parameters of passing blood, i.e. the number of morphotic elements (erythrocytes, leukocytes, platelets) and also with clotting parameters (INR, APTT, fibrinogen).



RYS. 1. Powierzchnia czola nowej kaniuli.
FIG. 1. Surface of new cannula's head.



RYS. 2. Powierzchnia czola kaniuli używanej 14 dni.
FIG. 2. Surface of cannula's head used for 14 days.



RYS. 3. Przekrój poosiowy nowej kaniuli.
FIG. 3. Longitudinal section of new cannulas.

Piśmiennictwo

- [1] Larsen R.: Anestezjologia. Wydawnictwo Medyczne Urban&Partner. Wrocław 2003.
- [2] Internetowy Serwis Toksykologii Klinicznej - http://etox.2p.pl/bottom/chory_nieprzyt_kaniulacja.html
- [3] Grundman U., Simon J.: "Wklucia dozylnie i przetaczanie płynów" Bibliomed Wydawnictwo Medyczne Sp. z o.o., Melsungen 1991.
- [4] Martin C., Saun P., Papazian L., Gouin F.: Long-term arteria cannulation In ICU patients using the radial artery or dorsalis pedis artery. Chust 2001; 199 (3): 901-906.
- [5] Practice guidelines for pulmonary artery catheterisation; a report by the American Society of Anesthesiologist task force on pulmonary artery catheterisation. Anesthesiology 1993; 78 (2): 380-394.
- [6] Durbin Ch.G.: Radial arterial lines and sticks: what are the risk-Respiratory Care Journal on-line: <http://www.rcjournal.com/contents/03.01/03.01.0229.asp>

References

- [7] Hecker J. F., Scandrett L. A.: Roughnes and trombogenicity of the outer surfaces of intravascular catheters. J. Biomed. Mater. Res. 1985; 19: 381-395.
- [8] Veenstra D., Saint S., Saha S.: Efficacy of antiseptic-impregnated central venous catheters In preventing catheter-related bloodstream infection: a meta-analysis. Journal of American Medical Association. 1999; 281: 261-267.
- [9] Frezja E.E., Mezghebe H.: Indications and complications of arteria catheter use In surgical or medical intensive care units: analysis of 4932 patients. American Journal of Surgery 1998; 64: 127-131.
- [10] Nałęcz M. (red): "Problemy biocybernetyki i inżynierii biomedycznej" Tom 4 "Biomateriały" Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa 1990, s 175.