

dzic do objawów niedokrwienia mózgu lub niewydolności serca. Innym powodem implantacji są również zaburzenia przewodzenia przedsionkowo-komorowego (tzw. bloki serca). W Polsce żyje ponad 100 000 osób z wszczepionym kardiostymulatorem, a liczbę wszczepień szacuje się na 9500-rocznie. 80-90% tych zabiegów to wszczepienia nowych rozruszników (implantacja kardiostymulatora), a w 10-20% to wymiany wyczerpanych stymulatorów (reimplantacja). Bardzo wysoka cena importowanych urządzeń do stymulacji (w tym również przewodników) powoduje, że nie wszyscy chorzy mogą liczyć na implantację. Niniejsza praca sygnalizuje konieczność podjęcia badań dotyczących technologii produkcji przewodników.

Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania przewodników przeznaczonych do wprowadzania elektrod pozwoliłoby na wyeliminowanie importu tych materiałów, a tym samym na zaopatrzenie krajowych ośrodków kardiologicznych w wyrób spełniający wymogi nowoczesnej elektroterapii.

long run it can cause the symptoms of cerebral ischaemia or cardiac failure. Another reason for implantation is also disorders of rhythm and atrio-ventricular conduction (so called heart blocks). In Poland there are over 100 000 people with implanted pacemaker and the number of implantations is estimated at 9500 per year. 80-90% of those interventions are implantations of new pacemakers (pacemaker implantation), and 10-20% are replacements of worn stimulators (re-implantation). Extremely high price of imported devices for stimulation (including leaders) is the reason why implantation cannot be performed on everybody who is ill. This study points out that tests related to technology of leaders' manufacturing are necessary.

Elaboration and implementation of technology used for manufacturing leaders used for electrode insertion would enable to give up importing those materials, and at the same time to supply domestic cardiac centres with product that meets the requirements of modern electrotherapy.

## Piśmiennictwo

- [1]. Luderitz B.: We have come a long way with device therapy: historical perspectives on antiarrhythmic electrotherapy. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2002;13(Suppl. 1): 2-8.  
 [2]. Elmqvist R, Senning A.: Implantable pacemaker for the heart. In: Smyth CN, ed. *Medical Electronics. Proceedings of the Second International Conference on Medical Electronics, Paris, 24-27 June 1959*. London, UK: Iliffe & Sons; 1960. 253-254. (Abstract).

## References

- [3]. Grupa Robocza Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego ds. stymulacji serca i resynchronizacji we współpracy z Europejskim Towarzystwem Rytmu Serca: Wytyczne dotyczące stymulacji serca i resynchronizacji. <http://www.kardiologiapolska.pl/>; 02.07.2010.  
 [4]. Kargul W., Młynarski R., Piłat E.: Implantowanie stymulatorów serca i kardiowerterów-defibrylatorów. *Chirurgia Polska* 2005, 7, 4, 267-279.

## DEGRADACJA IMPLANTÓW METALICZNYCH POKRYTYCH SREBREM

BEATA ŚWIECZKO-ŻUREK<sup>1\*</sup>, ANNA PAŁUBICKA<sup>2</sup>,  
 MICHAŁ BOGDAŃSKI<sup>2</sup>, MAREK KRZEMIŃSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>POLITECHNIKA GDAŃSKA,  
 WYDZIAŁ MECHANICZNY, KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ  
 UL.G.NARUTOWICZA 11/12, 80-952 GDAŃSK,  
<sup>2</sup>SZPITAL W KOŚCIERZYNIE  
 \*MAILTO: BSWIECZKO@MECH.PG.GDA.PL

*[Inżynieria Biomateriałów, 99-101, (2010), 58-60]*

### Wstęp

Srebro ze swych antybakteryjnych właściwości znane było już w starożytności. Antyczni Grecy, aby zapobiec szerzeniu się chorób pokrywali talerze i kubki srebrem, wrzucali srebrne monety do kan z wodą, aby przedłużyć czas jej przydatności do spożycia, podawali również dzieciom srebrne łyżeczki do ssania, co miało chronić je przed chorobami. W latach 90 XX w. naukowcy zauważyli, że osoby, u których występuje niski poziom srebra jako pierwiastka śladowego, często chorują na choroby o etiologii wirusowej, bakteryjnej oraz grzybiczej. Jednak nadmiar srebra wprowadzony do organizmu może prowadzić do nekrozy tkanek wątroby, a zwiększona jego zawartość w pożywieniu powoduje u człowieka przebarwienia skóry i błon śluzowych w postaci niebieskoszarych plam [1].

Bosetti i wsp. [2] w swoich badaniach dowodzą braku toksycznego wpływu srebra na komórki ludzkie (tj. limfocyty,

## DEGRADATION OF METAL IMPLANTS COVERED WITH SILVER

BEATA ŚWIECZKO-ŻUREK<sup>1\*</sup>, ANNA PAŁUBICKA<sup>2</sup>,  
 MICHAŁ BOGDAŃSKI<sup>2</sup>, MAREK KRZEMIŃSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TECHNICAL UNIVERSITY OF GDANSK,  
 FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING,  
 11/12 NARUTOWICZA STREET, 80-952 GDAŃSK,  
<sup>2</sup>HOSPITAL IN KOŚCIERZYNA  
 \*MAILTO: BSWIECZKO@MECH.PG.GDA.PL

*[Engineering of Biomaterials, 99-101, (2010), 58-60]*

### Introduction

Silver was known for its antibacterial properties as long ago as in antiquity. The Greeks covered their plates and mugs with silver to prevent spread of diseases, they also put silver coins into jugs of water to prolong the duration of the liquid. Greek children were given silver spoons to suck to prevent them from getting ill. In the 90 of the 20th century scientists discovered that people with insufficient amount of silver in their bodies are frequently subjected to virus, bacteria and other illnesses. However too much silver introduced into the body may result in necrosis of the liver tissues. Too big amount of silver contained in food may cause blue-grey spots on the skin [1].

Bosetti and others [2] proved lack of toxic influence of silver on human cells (limphocytes, fibroblasts and osteoblasts). They also claim that silver increases activity of bone cells to develop (osteoblasts). This argument arose interest

fibroblasty i osteoblasty), a nawet twierdzą, że metal ten pobudza komórki kościotwórcze (osteoblasty) do wzmożonej aktywności. Argument ów dodatkowo budzi zainteresowanie srebrem jako czynnikiem nadającym się do użytku medycznego [2].

Jony srebra mają zdolność wiązania się ze ścianą komórkową bakterii, cytoplazmą czy też otoczką. Niskie stężenia jonów  $Ag^+$  indukują zwiększony wpływ protonów poprzez błonę cytoplazmatyczną bakterii, prowadząc do całkowitej dezorganizacji tej struktury i ostatecznie do śmierci komórki. Aktywność przeciwbakteryjna jonów srebra jest wprost proporcjonalna do stężeń jonów  $Ag^+$  w środowisku [3].

## Material i metody badań

Przedmiotem badań było 7 próbek wyciętych z implantu (RYS.1)

Materiałem badanym była stal austenityczna, co potwierdza przeprowadzona analiza składu chemicznego (RYS.2).

Na powierzchnię próbek naniesiono ciekłą warstwę srebra i zanurzono je w 7 różnych bulionach bakteryjnych (bakterie najczęściej spotykane w organizmie ludzkim): *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *MRSA*, *Enterobacter cloacae*, *Acinetobacter baumani*, *Staphylococcus epidermidis*.

Po upływie miesiąca próbki zostały wyjęte z bulionu. W celu identyfikacji biofilmu za pomocą pipety na próbki naniesiono 1% TTC Solution (trifenylotetrazol chloru). Następnie wykonano zdjęcia mikroskopowe (elektronowy mikroskop skaningowy Philips XL 30) (RYS.3).

## Dyskusja i wnioski

Zainteresowanie srebrem ze względu na jego antybakteryjne właściwości stale rośnie. Srebro to pierwiastek śladowy niezbędny do prawidłowego funkcjonowania ludzkiego organizmu. Niedobór jonów srebra w organizmie człowieka objawia się zwiększoną podatnością na infekcje, związaną z obniżoną odpornością immunologiczną [4].

Badania *in vitro* [2] dowodzą zwiększonej skuteczności implantów zawierających srebro, stosowanych przy złamaniach czy też stłuczeniach. Implanty zawierające srebro zapobiegają adhezji na obcych elementach wprowadzonych do makroorganizmu oraz pozytywnie wpływają na aktywność osteoblastów.

Obserwacja powierzchni próbek na elektronowym mikroskopie skaningowym wykazała kolonie bakterii, które osadziły się na materiale w formie biofilmu. Po jego usunięciu nie było żadnych oznak degradacji materiału. Obecnie przeprowadzane są dalsze badania na próbkach z czystego srebra.

in silver as an element suitable for medical use [2].

The silver ions have ability to join the bacteria surface. Low density of silver ions  $Ag^+$  influence the protons through the bacteria surface, which results in total destruction of the cell. Antibacterial activity of silver remains in proportion with the density of silver ions  $Ag^+$  in the environment [3].



RYS.1 Widok próbki wyciętej z implantu  
FIG.1 The view of an implant sample

| Element | Wt %   | At %   |
|---------|--------|--------|
| SiK     | 0.58   | 1.16   |
| CrK     | 17.57  | 19.09  |
| MnK     | 1.93   | 1.99   |
| FeK     | 59.97  | 60.68  |
| NiK     | 14.29  | 13.75  |
| MoK     | 5.66   | 3.34   |
| Total   | 100.00 | 100.00 |

| Element | Net Inte. | Bkgd Inte. | Inte. Error | P/B   |
|---------|-----------|------------|-------------|-------|
| SiK     | 2.34      | 4.71       | 14.66       | 0.50  |
| CrK     | 151.88    | 6.61       | 0.85        | 22.98 |
| MnK     | 13.25     | 5.77       | 3.76        | 2.30  |
| FeK     | 358.53    | 5.32       | 0.54        | 67.39 |
| NiK     | 58.28     | 4.06       | 1.40        | 14.35 |
| MoK     | 2.07      | 1.38       | 10.62       | 1.50  |

RYS.2 Skład chemiczny badanego materiału  
FIG.2 The chemical compounds of the examined material

## The material and the research methods

Research was carried on 7 implant samples (FIG.1).

The examined material was stainless steel, which was confirmed by the analysis of chemical compounds (FIG.2).

A thin silver covering was placed on the surface of the samples. Then they were put into 7 different kinds of bacteria liquids (the bacteria most frequently appearing in human body): *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *MRSA*, *Enterobacter cloacae*, *Acinetobacter baumani*, *Staphylococcus epidermidis*.

After a month the samples were taken out of the liquids. 1% TTC Solution was placed on the surface. After that the microscope photos were taken (scanning electron microscope Philips XL 30) (FIG.3).

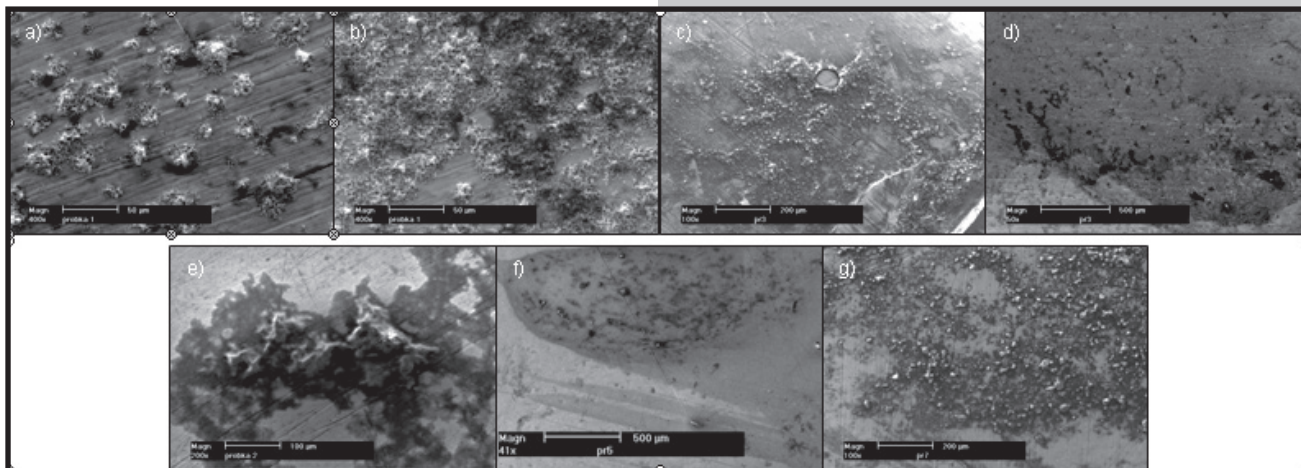
electron microscope Philips XL 30) (FIG.3).

## The discussion and conclusions

Interest in antibacterial properties of silver is steadily increasing. Silver is an element indispensable for proper functioning of body. Lack of silver ions in human body makes it prone to infections caused by lower immunological resistance [4].

The *in vivo* research proves bigger effectiveness of implants containing silver and used in fractures and bruises. The implants containing silver prevent adhesion on implants and have positive influence on the activity of osteoblasts.

The observation of sample surfaces on the microscope showed the bacteria colonies, which covered the material in the form of biofilm. After removing it there were no signs of material degradation. Further research is performed on pure silver samples.



**RYS.3** Widok próbek wyjętych z poszczególnych bulionów: a) *Enterococcus faecium*, b) *Eserichia coli*, c) *Pseudomonas aeruginosa*, d) MRSA, e) *Enterobacter cloacae*, f) *Acinenterobacter baumani*, g) *Staphylococcus epidermidis*

**FIG.3** The view of the samples taken out of the bacteria liquid: a) *Enterococcus faecium*, b) *Eserichia coli*, c) *Pseudomonas aeruginosa*, d) MRSA, e) *Enterobacter cloacae*, f) *Acinenterobacter baumani*, g) *Staphylococcus epidermidis*

## Podziękowania

Praca jest finansowana dzięki projektowi PORTAL (contract No. NCBiR/ERA-NET MATERA/5/2009).

## Acknowledgments

The research has been performed as a part of the PORTAL Project (contract No. NCBiR/ERA-NET MATERA/5/2009).

## Piśmiennictwo

- [1] Bugła-Płoskońska G., Oleszkiewicz A.: The biological activity of silver and its application in medicine. <http://ag123.pl/Biologiczna-aktywnosc-srebra-i-jego-zastosowanie-w-medycynie.html>  
 [2] Bosetti M., Masse A., Tobin E., Cammas M.: Silver coated materials for external fixation devices, in vitro biocompatibility and genotoxicity. *Biomaterials* 23, 2002, p.887-892

## References

- [3] Brinker C.J., Scherrer G.W., 1990, *Sol-Gel Science*. London. Academic Press INC. Chmielowski J., Kłapcińska B., 1984, The mechanisms of metal absorption by bacteria. *The microbiological progress* 23, p. 63-88  
 [4] Hamilton-Miller J.M.T., Shah S.: A microbiological assesment of silver fusiolate, a novel topical antimicrobial agent. *Int. J. Antimicrob. Agents* 7, 1996, p. 97-99