



III OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA

IMPLANTY 2021

koncepcja a realia we współczesnych rozwiązaniach

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

18 CZERWCA
on-line

Politechnika Gdańska

**III Ogólnopolska Konferencja
Naukowa IMPLANTY2021**

*„koncepcja a realia we współczesnych
rozwiązaniach”*

Książka abstraktów

Redakcja:
Marcin Wekwejt

Gdańsk 2021

Niniejsze materiały konferencyjne zostały przygotowane na podstawie abstraktów przesłanych przez uczestników konferencji IMPLANTY2021. Nadesłane prace zostały sprawdzone przez wybrane osoby z Komitetu Naukowego i zatwierdzone jako zgodne z tematyką konferencji. Organizatorzy nie ponoszą odpowiedzialności za ich treść.

Redakcja:

Marcin Wekwejt

Korekta:

Magda Dziaduszevska

Alicja Stanisławska

Ewa Kozłowska

Andrzej Zieliński

Projekt okładki:

Tomasz Szwangruber

© Copyright by IMPLANTY2021

ISBN 978-83-961981-0-5

Strona konferencji:

www.wimio.pg.edu.pl/konferencja-implanty

KOMITET NAUKOWY

Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Andrzej Zieliński

Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska

Członkowie

prof. dr hab. n. farm. Grażyna Ginalska

Katedra i Zakład Biochemii i Biotechnologii, Wydział Farmaceutyczny, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

prof. dr hab. Andrzej Kotarba

Grupa Chemia Powierzchni i Materiałów, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński

prof. dr hab. n. med. Ireneusz Kotela

Klinika Ortopedii i Traumatologii, Centralny Szpital Kliniczny MSW w Warszawie

prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski

Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia Techniczna

prof. dr hab. Stanisław Mitura

Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Kaliska & Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka

prof. dr hab. inż. Elżbieta Pamuła

Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

prof. dr hab. Sylwia Rodziewicz-Motowidło

Katedra Chemii Biomedycznej, Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański

prof. dr hab. inż. Krzysztof Rokosz

Zespół Bioinżynierii i Elektrochemii Powierzchni, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Agata Dudek, prof. PCz

Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Politechnika Częstochowska

dr hab. Aleksandra Radtke, prof. UMK

Katedra Chemii Nieorganicznej i Koordynacyjnej, Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

dr hab. inż. Kamila Żelechowska, prof. IBIB

Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęczza Polskiej Akademii Nauk

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący

mgr inż. Marcin Wekwejt

*Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska*

Honorowy Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Andrzej Zieliński, prof. zw. PG

*Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska*

Członkowie

dr inż. Michał Bartmański

*Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska*

dr inż. Alicja Stanisławska

*Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska*

mgr inż. Magda Dziaduszevska

*Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska*

mgr inż. Ewa Kozłowska

*Zakład Materiałoznawstwa i Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej
i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska*

mgr inż. Aleksandra Laska

*Zakład Materiałoznawstwa i Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej
i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska*

Członkowie Koła Naukowego ‘Materiały w Medycynie’:

- *Dominika Trochowska*
- *Karolina Sergiel*
- *Gabriela Małyszko*
- *Julia Czałpińska*

ORGANIZATORZY:



PARTNERZY & SPONSORZY:



SYGNIS
BIO TECHNOLOGIES

MEDGAL[®]
ORTHOPAEDIC IMPLANTS & INSTRUMENTS

ALVO[®]
MEDICAL

LABORATORIUM PROTETYCZNE JERZY ANDRYSKOWSKI

PATRONI HONOROWI:



pdma

Central Europe



SAMORZĄD
DOKTORANTÓW



IMPLANTOLOGIA
STOMATOLOGICZNA

Spis treści:

WYKŁADY PLENARNE

Andrzej Zieliński: <i>Degradacja implantów jako przesłanka projektowa</i>	12
Elżbieta Pamuła: <i>Wielofunkcyjne matryce i rusztowania wspierające odbudowę tkanki kostnej</i>	13
Ireneusz Kotela: <i>Koncepcja a realia we współczesnych rozwiązaniach w ortopedii i traumatologii</i>	14
Krzysztof Rokosz: <i>Porowate powłoki wytwarzane plazmowym utlenianiem elektrochemicznym</i>	15

E-REFERATY – SESJA I

Jerzy Małachowski: <i>Wybrane aspekty projektowania konstrukcji stentu z materiału bioresorbowalnego</i>	16
Małgorzata Rutkowska-Gorczyca: <i>Ocena zużycia tytanowych elementów stabilizatorów kręgosłupa modyfikowanych powłoką DLC</i>	17
Karolina Burzyńska: <i>Ocena wpływu doboru konfiguracji implantu na właściwości układu kość-gwóźdź śródszpikowy</i>	18
Beata Kucharska: <i>Właściwości korozyjne warstw tlenkowych wytworzonych na azotku tytanu do zastosowań biomedycznych</i> ...	19
Jacek Świniarski: <i>Izotropowo - ortotropowy model MES do analizy stanu naprężenia i deformacji w tytanowych zespoleńiach po złamaniu wyrostka kłykciowego żuchwy</i>	20
Karolina Wilk: <i>Wpływ sonoterapii zrostu kostnego na degradację powłok polimerowych na podłożu metalowym</i>	21
Monika Mazur: <i>PEEK – zaawansowane rozwiązanie dla medycyny przyszłości</i>	22
Stanisław Mitura: <i>Opatrunki wchłaniające na bazie aktywnego tropokolagenu egzogenego z dodatkiem zmodyfikowanych nanoproszków węgla</i>	23
Łukasz Luśtyk: <i>Pośredni druk 3D jako metoda otrzymywania hydrożelowych biomateriałów</i>	24
Julia Lisoń: <i>Ocena własności fizykochemicznych stopu Ti13Nb13Zr z wykorzystaniem niskotemperaturowej metody osadzania warstw atomowych ALD</i>	25

E-REFERATY – SESJA II

Marcin Wekwejt: <i>Koncepcja a realia uzyskania bioaktywności akrylowego cementu kostnego wykorzystując metodę domieszkowania</i>	26
---	----

Agnieszka Kubiś: <i>Synteza i analiza kompozytów chitozanowych o właściwościach proregeneracyjnych</i>	27
Beata Kaczmarek-Szczepeńska: <i>Skafoldy na bazie chitozanu i kolagenu sieciowane glioksałem jako materiały do zastosowań w inżynierii tkankowej</i>	28
Aneta Frączek-Szczypta: <i>Nanomateriały węglowe w stymulacji komórek tkanki nerwowej</i>	29
Ewelina Cichoń: <i>Wysokoporowate cementy kostne wytwarzane z użyciem biosurfaktantów</i>	30
Sylwia Grabska-Zielińska: <i>Chitozan dialdehydowy – nowy środek modyfikujący właściwości fizykochemiczne materiałów biopolimerowych</i>	31
Nikoletta Buczek: <i>Nowoczesne rozwiązania technologiczne w inżynierii tkankowej – biodruk 3D</i>	32
Natalia Ziociśta-Szewczyk: <i>Kompozytowe materiały hydrożelowe modyfikowane poli(glikolem etylenowym) do zastosowań implantacyjnych</i>	33
Katarzyna Pieklarz: <i>Kompozyty biopolimerowe do potencjalnego zastosowania w inżynierii tkankowej</i>	34
Kamila Sadowska: <i>Wszczepialne bioogniwa paliwowe do zasilania bioczuJNIKÓW</i>	35
E-REFERATY – SESJA III	
Małgorzata Muzalewska: <i>Implanty biodegradowalne w odbudowie twaroczaszki</i>	36
Justyna Kozłowska: <i>Mikrocząstki z gumy gellan jako nośniki substancji aktywnych w polimerowych skafoldach</i>	37
Barbara Rynkus: <i>Implanty piersi stosowane w chirurgii plastycznej i rekonstrukcyjnej</i>	38
Sara Krawczyk: <i>System dozowania substancji leczniczej oparty na poliipirolu celowany w leczenie chorób neurodegeneracyjnych</i>	39
Magdalena Koperska: <i>Innowacyjne rozwiązania konstrukcji implantów stosowanych w chirurgii plastycznej i rekonstrukcyjnej</i>	40
Paulina Chytrosz: <i>Poliuretany jako uniwersalne materiały implantacyjne - funkcjonalizacja w kierunku biogodności i kontrolowanego uwalniania leków</i>	41
Mariusz Sandomierski: <i>Uwalnianie leków z powierzchni implantów tytanowych</i>	42

Alicja Stanisławska: <i>Właściwości fizykochemiczne i mechaniczne bionanocelulozy po jej modyfikacji.....</i>	43
---	----

E-REFERATY – SESJA IV

Wojciech Pajerski: <i>Modyfikacja powierzchni materiałów węglowych w kierunku zapobiegania infekcjom bakteryjnym.....</i>	44
---	----

Alicja Kazek-Kęsik: <i>Funkcjonalizacja powierzchni implantów tytanowych dla zwierząt.....</i>	45
--	----

Michał Bartmański: <i>Charakterystyka inteligentnych, czułych na zmianę pH, powłok kompozytowych na implanty.....</i>	46
---	----

Magda Dziaduszevska: <i>Zastosowanie druku 3D i wysokonapięciowego utleniania anodowego w celu nadania bioaktywności i poprawy właściwości mechanicznych tytanowych implantów.....</i>	47
--	----

Monika Szymańska: <i>Analiza cech stereometrycznych powierzchni powłok porowatych w domenie parametrów ich wytwarzania....</i>	48
--	----

Timothy Douglas: <i>Hydrożele na bazie izolatu białek serwatkowych o właściwościach antibakteryjnych dedykowane do regeneracji tkanki kostnej.....</i>	49
--	----

SESJA E-POSTEROWA

1) Paulina Adamczyk: <i>Wpływ środowiska wody basenowej na odporność korozyjną stali austenitycznej AISi 316L.....</i>	50
--	----

2) Oktawian Białas: <i>Powierzchniowa fuzja nanocząstek złota z polimerem PEEK w zastosowaniach sercowo-naczyniowych.....</i>	51
---	----

3) Monika Biernat: <i>Mikrostruktura stabilizowanych porowatych kompozytów chitozan/bioszkló.....</i>	52
---	----

4) Karolina Brzezińska: <i>Innowacyjne rozwiązania konstrukcji implantów stosowanych w chirurgii plastycznej i rekonstrukcyjnej.....</i>	53
--	----

5) Karolina Burzyńska: <i>Ocena mechanizmu odrywania się zamków ortodontycznych od powierzchni zębów.....</i>	54
---	----

6) Zuzanna Cemka: <i>Przeciwzakrzepowe warstwy hydrożeli opartych na naturalnych polimerach do modyfikacji folii poliuretanowych do zastosowań kardiologicznych.....</i>	55
--	----

7) Kamila Checińska: <i>Związki polifenolowe wyekstrahowane z szalwii lekarskiej wpływają na bioaktywność i długoterminową degradację kompozytów polimerowo-ceramicznych.....</i>	56
---	----

8) Anna Drabczyk: <i>Materiały hydrożelowe zmodyfikowane nanomateriałami o potencjale medycznym.....</i>	57
--	----

9) Ved P. Dubey: <i>Failure analysis of orthopedic implants.....</i>	58
--	----

	Michalina Ehlert:	
10)	<i>Ocena nanowarstw tytanianowych w odniesieniu do ich właściwości fizykochemicznych i biologicznych.....</i>	59
	Wioletta Florkiewicz:	
11)	<i>Powłoki kompozytowe na stopach tytanu.....</i>	60
	Julia Fudali:	
12)	<i>Funkcjonalizacja materiałów hydrożelowych do biodruku 3D poprzez wprowadzenie nanocząstek.....</i>	61
	Malwina Furgała:	
13)	<i>Hydrożele podwójnej sieci modyfikowane cząstkami bioaktywnymi przeznaczone do regeneracji tkanki chrzęstnej.....</i>	62
	Magdalena Głąb:	
14)	<i>Nanosfery białkowe w kontrolowanym dostarczaniu leków.....</i>	63
	Maria Grolik:	
15)	<i>Polimerowe implanty do rekonstrukcji powierzchni gałki ocznej.....</i>	64
	Dominika Grygier:	
16)	<i>Możliwości wykorzystania technik przyrostowych do produkcji komponentów metalowo-polimerowych hybrydowego gwoźdźcia śródszpikowego.....</i>	65
	Ewelina Imiołek:	
17)	<i>Implanty piersi stosowane w chirurgii plastycznej i rekonstrukcyjnej.....</i>	66
	Przemysław Jurczak:	
18)	<i>Funkcjonalizowanie powierzchni dwuwymiarowych nanomateriałów otrzymanych na bazie tlenku tytanu (IV).....</i>	67
	Piotr Kowalewski:	
19)	<i>Właściwości tribologiczne komponentów ślizgowych implantów wytwarzanych metodami druku 3D (FDM i DLP).....</i>	68
	Sonia Kudłacik-Kramarczyk:	
20)	<i>Usieciowane biomateriały chitozanowe do zastosowań biomedycznych.....</i>	69
	Aleksandra Laska:	
21)	<i>Modelowanie właściwości mechanicznych szkieletów ze stopu Ti13Zr13Nb wytworzonych metodą druku 3D.....</i>	70
	Anna Morawska-Chochół:	
22)	<i>Optymalizacja procesu elektroprzędzenia włókien polilaktydowych zawierających gentamycynę.....</i>	71
	Agata Ostafijczuk:	
23)	<i>Ocena przyczyn zniszczenia tytanowego gwoźdźcia śródszpikowego.....</i>	72
	Piotr Pańtak:	
24)	<i>Wpływ pektyny cytrusowej dodawanej do fazy ciekłej na fosforanowo-wapniowe cementy kostne.....</i>	73
	Łukasz Pawłowski:	
25)	<i>Osadzanie elektroforetyczne powłok chitozan/eudragit E 100/AgNPs na podłożu tytanowym jako system kontrolowanego dostarczania leków.....</i>	74

26)	Edyta Piłat: <i>Właściwości fizykochemiczne hydrożeli modyfikowanych substancjami aktywnymi.....</i>	75
27)	Weronika Prus-Walendziak: <i>Badanie struktury porowatych materiałów na bazie liofilizowanych emulsji.....</i>	76
28)	Dorota Rogala-Wielgus: <i>Właściwości mechaniczne kompozytowych powłok z nanorurek węglowych z dodatkami.....</i>	77
29)	Agnieszka Rusak: <i>Badania biogodności in vitro modułowych płytek tytanowych.....</i>	78
30)	Szymon Salagierski: <i>Alternatywne metody sieciowania materiałów kompozytowych na bazie chitozanu i kolagenu.....</i>	79
31)	Szymon Skibiński: <i>Wysokoporowate materiały na bazie fosforanów (V) wapnia jako podłoża dla inżynierii tkanki kostnej..</i>	80
32)	Dagmara Słota: <i>Powłoki ceramiczno polimerowe do regeneracji tkanki kostnej.....</i>	81
33)	Natalia Stachowiak: <i>Ocena stabilności mikrosfer wykonanych z biodegradowalnych polimerów.....</i>	82
34)	Anieszka M. Tomala: <i>Biokompozyty polimerowo-ceramiczne na bazie PVP, hydroksyapatytu oraz histydyny.....</i>	83
35)	Dominika B. Trochowska: <i>Badania nanoindentacji laserowo modyfikowanych biostopów tytanu.....</i>	84
36)	Magdalena M. Tuszyńska: <i>Właściwości mechaniczne sieciowanych układów żelatynowo-alginianowych.....</i>	85
37)	Anna Woźniak: <i>Synteza mikrofalowa wielofazowych cząstek Ca-P.....</i>	86
38)	Wojciech Zakrzewski: <i>Zastosowanie warstwy nanohydroksyapatytu na powierzchni implantu - wstępne badania in vitro.....</i>	87
39)	Lidia Zasada: <i>Właściwości płytek tytanowych pokrytych kwasem taniowym.....</i>	88
40)	Magdalena Jażdżewska: <i>Hydroksyapatytowe powłoki otrzymane na zmodyfikowanych laserowo stopach tytanu Ti15Mo i Ti7Nb6Al.....</i>	89

DEGRADACJA IMPLANTÓW JAKO PRZESŁANKA PROJEKTOWA

Andrzej Zieliński

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, Zakład Technologii Biomateriałów
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
* e-mail: andrzej.zieliński@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: implanty, degradacja, tytan, magnez, stale austenityczne, stopy Ni-Ti, skafoldy

Degradacja materiałów stosowanych na implanty może być zjawiskiem niekorzystnym lub świadomie zaprojektowanym. Klasyczne implanty są projektowane i wytwarzane z niewielu tworzyw metalicznych odpornych na korozję lub dodatkowo poddawane modyfikacji powierzchniowej w celu podwyższenia trwałości materiału implantu i żywotności implantu, najczęściej przez powłoki nakładane metodami elektrochemicznymi [1]. Odporność długoczasowa w środowisku płynów ustrojowych, przy nawracających stanach zapalnych i zmiennych obciążeniach jest jednak trudna do przewidzenia na etapie projektowania. Ostatnio pojawiło się także drugie podejście projektowe, zgodnie z którym implant powinien zrastać się z tkanką kostną w celu doprowadzenia do jego większej stabilności długoczasowej. Osiągnąć to można przez stosowanie skafoldów wytwarzanych różnymi metodami, w tym za pomocą metalurgii proszków i druku 3D i zakładając, że porowata struktura doprowadzi do neowaskularyzacji i wypełnienia tkanką kostną porowatej struktury porów [2]. Innym sposobem jest wytworzenie implantu z materiału ulegającego biodegradacji, jak magnez i jego stopy [3], stopy żelaza [4] i biopolimery [5]. Rozstrzygnięcie dylematu, z czego można wytworzyć implant określonego narządu, musi pojawiać się już na etapie projektowania i często może być alternatywne.

Piśmiennictwo

- [1] Zieliński A., Bartmański M.: Electrodeposited Biocoatings, Their Properties and Fabrication Technologies: A Review, *Coatings* 10 (2020) 782.
- [2] Mediaswanti K., Wen C., Ivanova EP., Berndt CC., Malherbe F., Wang JY., Kmita G.: Biological Performances of Titanium Scaffolds: A Review, *Adv. Mat. Res.* 535-537 (2012) 1634-1637.
- [3] Persaud-Sharma D., McGoron A.: Biodegradable Magnesium Alloys: A Review of Material Development and Applications, *J. Biomim. Biomater. Tissue Eng.* 12 (2012) 25-39.
- [4] Schinhammer N., Hänzi AC., Moszner F., Löffler JH., Uggowitzer PJ.: Design strategy for biodegradable Fe-based alloys for medical applications, *Acta Biomater.* 6 (2010) 1705-1713.
- [5] Song R., Murphy M., Li C., Ting K., Zhu C., Zheng Z.: Current developments of biodegradable polymeric materials for medical applications, *Drug Des. Dev. Ther.* 12 (2018) 3117-3145.

WIELOFUNKCYJNE MATRYCE I RUSZTOWANIA WSPIERAJĄCE ODBUDOWĘ TKANKI KOSTNEJ

Elżbieta Pamuła

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra
Biomateriałów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
* e-mail: epamuła@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: ubytki tkanki kostnej, rusztowania, systemy iniekcyjne, nośniki leków

Tkanka kostna wykazuje dużą zdolność do regeneracji i przebudowy. Jednak w przypadku ubytków o wielkości krytycznej konieczne jest zastosowanie transplantów kostnych albo biomateriałów, które byłyby w stanie wspierać i indukować procesy regeneracyjne. Przeszkodą w prawidłowym gojeniu ubytków kostnych jest również zasiedlenie tkanki kostnej drobnoustrojami chorobotwórczymi. Dlatego istnieje potrzeba opracowania biomateriałów, które byłyby w stanie dostarczać sygnałów mechanicznych i biochemicznych dla odbudowującej się tkanki kostnej. Korzystne jest wzbogacenie takich biomateriałów w systemy, które w sposób kontrolowany dostarczałyby leki przeciwdrobnoustrojowe i/lub substancje biologicznie aktywne stymulujące komórki do produkcji składników macierzy międzykomórkowej i jej mineralizacji.

W naszych pracach zajmujemy się wytwarzaniem rusztowań polimerowych, ceramicznych i kompozytowych przeznaczonych do leczenia ubytków kostnych [1]. Materiały te są wzbogacone w nano- lub mikrometryczne nośniki leków, (np. gentamycyna, wankomycyna, alendronian sodu). Nośniki leków mają postać nano- lub mikrosfer i są wykonane z polimeru o kontrolowanym czasie degradacji, dzięki czemu możliwe jest sterowanie dostarczaniem odpowiednich dawek leku w funkcji czasu, w zależności od zapotrzebowania klinicznego. Nośniki takie są albo zawieszane w płynach lub w matrycach hydrożelowych i przeznaczone są do podawania za pomocą iniekcji do ubytku kostnego, albo immobilizowane na ściankach porów rusztowań polimerowych lub ceramicznych [2]. Badania *in vitro* i *in vivo* wykazały, że opracowane materiały sprzyjają odbudowie ubytków kostnych i mogą stanowić obiecującą alternatywę względem klasycznych metod leczenia uszkodzeń i chorób tkanki kostnej [3].

Piśmiennictwo

- [1] Wojak-Ćwik I., Rumian Ł., Krok-Borkowicz M., Hess R., Bernhardt R., Dobrzyński P., Moller S., Schnabelrauch M., Hintze V., Scharnweber D., Pamuła E., Synergistic effect of bimodal pore distribution and artificial extracellular matrices in polymeric scaffolds on osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells, Mater. Sci. Eng. C 97 (2019) 12-22.
- [2] Rumian Ł., Wolf-Brandstetter C., Rößler S., Reczyńska K., Tiainen H., Haugen J., Scharnweber D., Pamuła E., Sodium alendronate loaded poly(L-lactide-co-glycolide) microparticles immobilized on ceramic scaffolds for local treatment of bone defects, Regen. Biomater. 8(3) (2020) 1-10.
- [3] Krok-Borkowicz M., Reczyńska K., Rumian Ł., Menaszek E., Orzelski M., Malisz P., Silmanowicz P., Dobrzyński P., Pamuła E., Surface modified poly(L-lactide-co-glycolide) scaffolds for the treatment of osteochondral critical size defects: in vivo studies on rabbits, Int. J. Mol. Sci. 21(20) (2020) 7541.

KONCEPCJA A REALIA WE WSPÓŁCZESNYCH ROZWIĄZANIACH W ORTOPEDII I TRAUMATOLOGII

Ireneusz Kotela

Centralny Szpital Kliniczny MSWiA, Klinika Ortopedii i Traumatologii
ul. Wołoska 137, 02-057 Warszawa
* e-mail: ikotela@op.pl

Słowa kluczowe: obrazowanie, endoprotezy, wirtualna rzeczywistość, telemedycyna, rozwój

Postęp technologiczny, jaki dokonał się w ortopedii i traumatologii w ostatnim 30-leciu. Jeszcze niedawno posługiwaliśmy się najprostszymi zdjęciami rentgenowskimi i nawet nie przypuszczaliśmy, że otrzymamy do dyspozycji tomografię komputerową, rezonans magnetyczny czy pozytronową tomografię emisyjną. Dzisiaj wykorzystujemy na co dzień radiografię cyfrową z odwzorowaniem trójwymiarowym, przesyłamy obrazy w dowolne miejsce, prowadzimy konsultacje telemedyczne. Coraz częściej sięgamy po wirtualne wsparcie specjalistyczne w czasie wykonywania zabiegów operacyjnych, przy czym nasza specjalność „broni się” przed robotyzacją [1].

Praca jest spojrzeniem na zmiany jakie dokonały się w ostatnich latach. Przywołuje ewolucję endoprotez od czasu ich wprowadzenia do szerokiego stosowania klinicznego, przez implanty indywidualizowane, komputerowe wspomaganie pozycjonowania, personalizowane systemy orientacji implantu, na protezach kastomizowanych kończąc. Przedstawia wybrane doniesienia literaturowe dotyczące zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości w praktyce klinicznej oraz w szkoleniu specjalistycznym [3-5].

Podsumowując przegląd swoistej eksplozji technologicznej jaka nastąpiła w chirurgii ortopedycznej i traumatologii w ostatnich latach, stawiamy tezę, że realia w jakich dzisiaj pracujemy są dobre a nawet bardzo dobre, zaś nasze oczekiwania – wielkie, gdyż koncepcje jakie przedstawiają nam naukowcy są bardzo obiecujące.

Piśmiennictwo

- [1] <http://orthostreams.com><http://youtube.com/watch?v=4p7MUzSeCWU> (Using Hololens at Imperial College)
- [2] Baker DK., Fryberger CT., Ponce BA.: The Emergence of Augmented Reality in Orthopaedic Surgery and Education, *Orthop. J. Harv. Med. Sch.* 16 (2015) 9 - 16.
- [3] Casari FA., Navab N., Hruby LA., et al: Augmented Reality in Orthopaedic Surgery is Emerging from Proof of Concept Towards Clinical Studies: a Literature Review Explaining The Technology and Current State of the Art, *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* 14 (2021) 192 - 203.
- [4] Chytas D., Malahias MA., Nikolaou VS. Augmented Reality in Orthopaedics: Current State and Future Directions, *Front. Surg.* 6(38) (2019) 1-6.
- [5] Clarke E., Virtual Reality simulation – the future of orthopaedic training? A systematic review and narrative analysis, *Adv. Simul.* 6(2) (2021) 156-167.

POROWATE POWŁOKI WYTWARZANE PLAZMOWYM UTLENIANIEM ELEKTROCHEMICZNYM

Krzysztof Rokosz

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Systemów Technicznych
i Informatycznych, Zespół Bioinżynierii i Elektrochemii Powierzchni,
ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin
* e-mail: rokosz@tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: plazmowe utlenianie elektrolityczne, DC-PEO, AC-PEO, metale lekkie

Pomimo, że początki plazmowego utleniania elektrolitycznego (PEO) sięgają jeszcze roku 1880, gdy to Sluginov zaobserwował zjawisko luminescencji na powierzchni metali podczas procesu galwanicznego, to nadal na całym świecie w ośrodkach badawczych trwają badania nad tym procesem. Obecnie są prowadzone badania naukowe równoległe nad procesami PEO z wymuszeniem stałym DC i zmiennym AC w elektrolitach zarówno wodnych, jak i na bazie kwasu fosforowego z dodatkami wybranych soli. Materiałami poddawany tej obróbce są metale lekkie oraz ich stopy, a jej efektem wytworzone na ich powierzchniach porowate powłoki wzbogacone w wybrane pierwiastki pochodzące z elektrolitu. Badania pozwoliły na wykazanie, że zwiększenie napięcia w procesie DC-PEO powoduje wzrost rozwinięcia powierzchni powłok, zwiększenie ich grubości oraz ilości wbudowanych jonów metali pochodzących z elektrolitu, jak i udziału fazy krystalicznej w powłokach oraz gęstości prądu pasywacji. Natomiast wzrost napięcia katodowego przy stałym napięciu anodowym w procesie AC-PEO skutkuje zmniejszeniem rozwinięcia powierzchni powłok, ich grubości oraz ilości wbudowanych jonów metali pochodzących z elektrolitu, przy wzroście udziału fazy krystalicznej w powłokach oraz gęstości prądu pasywacji w potencjodynamicznych badaniach korozyjnych. Dodatkowo wykazano możliwość sterowania procesami PEO na podstawie analizy FFT ich sygnałów prądowych.

Wyniki powstały w ramach projektu dofinansowanego przez Grant OPUS 11 z Narodowego Centrum Nauki (NCN) o numerze rejestracyjnym 2016/21/B/ST8/01952, pod tytułem "Opracowanie modeli nowych porowatych powłok powstałych na tytanie z wykorzystaniem plazmowego utleniania elektrochemicznego w elektrolitach zawierających kwas fosforowy oraz azotany wapnia, magnezu, miedzi i cynku".

WYBRANE ASPEKTY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI STENTU Z MATERIAŁU BIORESORBOWALNEGO

Jakub BuKała, Jerzy Małachowski*, Łukasz Mazurkiewicz, Michał Tomaszewski, Kamil Sybilski

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Mechaniki
i Inżynierii Obliczeniowej, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
* e-mail: jerzy.malachowski@wat.edu.pl

Słowa kluczowe: stent, geometria, materiał bioresorbowalny, optymalizacja, analizy MES, CFD

W badaniach wypracowano metodologię projektowania optymalnej konstrukcji stentu bioresorbowalnego zaciskanego na balonie i dokonano sprawdzenia funkcjonowania systemu (balon-stent-naczynie) w warunkach modelowych w naczyniach. Zaproponowany system wypracowano dzięki implementacji numerycznych metod optymalizacji opartych na algorytmach genetycznych wykorzystujących otrzymane wyniki z badań cech mechanicznych materiału bioresorbowalnego w określonych warunkach termiczno-mechanicznych oraz bazując na opracowanych modelach numerycznych stentów, naczyń oraz balonika angioplastycznego wykorzystujących metodę elementów skończonych (MES) [1,2,4]. Opracowany system w drodze badań modelowych i laboratoryjnych został sprawdzony pod kątem funkcjonowania na stanowisku wykorzystującym technikę PIV [1,3]. Zarówno badania z wykorzystaniem metod numerycznych mechaniki płynów (CFD) oraz badania laboratoryjne, potwierdziły wiarygodność podejścia modelowego i osiągnięcia założonych celów projektowych. Skuteczność opracowanej konstrukcji stentu została potwierdzona w badaniach *in vivo* na zwierzętach [4,5].

Piśmiennictwo

- [1] Tomaszewski, M., Sybilski, K., Małachowski, J., Wolański, W., Buszman, P.P., Numerical and experimental analysis of balloon angioplasty impact on flow hemodynamics improvement, Acta. Bioeng. Biomech. 22(3) (2020) 169-183.
- [2] BuKała, J., Buszman, P.P., Małachowski, J., Mazurkiewicz, L., Sybilski, K., Experimental tests, FEM constitutive modeling and validation of PLGA bioresorbable polymer for stent applications, Materials, 13(8) (2020) 2003.
- [3] Tomaszewski, M., Sybilski, K., Baranowski, P., Małachowski, J., Experimental and numerical flow analysis through arteries with stent using particle image velocimetry and computational fluid dynamics method, Biocybern. Biomed. Eng. 40(2) (2020) 740-751.
- [4] Mazurkiewicz, Ł.A., BuKała, J., Małachowski, J., Tomaszewski, M., Buszman, P.P., BVS stent optimisation based on a parametric model with a multistage validation proces, Mater. Des. 198 (2021) 109363.
- [5] Buszman, PP; Kachel, M, Michalak, M ; Konopko, M ; Sobota, M ; Malachowski, J ; Buszman, P ; Milewski, K, Implantation feasibility and early vascular response of a novel PLLA/PLGA bioresorbable scaffold in porcine coronary in-stent restenosis model, J. Am. Coll. Cardiol. 75(11) (2020) 1351-1351.

OCENA ZUŻYCIA TYTANOWYCH ELEMENTÓW STABILIZATORÓW KRĘGOSŁUPA MODYFIKOWANYCH POWŁOKĄ DLC

Małgorzata Rutkowska-Gorczyca^{1*}, Małgorzata Żak¹, Sylwia Szotek¹, Celina Pezowicz¹, Ewelina Brunicka²

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, ul. Smoluchowskiego 25,
Wrocław 50-370

² NovaSpine Sp. z o. o. ul. Wroclawska 39c, Domasław 55-040

* e-mail: malgorzata.rutkowska-gorczyca@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: ubytki tkanki kostnej, rusztowania, systemy iniekcyjne, nośniki leków

Do jednych z najczęściej występujących problemów, związanych z implantacją metalicznych elementów stabilizujących kręgosłup, wykorzystywanych do leczenia skolioz u dzieci w okresie ich wzrostu kostnego, zalicza się zużycie materiału w wyniku występowania par trących. Wprowadzenie klasycznego systemu implantów u dzieci w trakcie gdy wciąż postępuje u nich wzrost kostny, wymaga etapowego rozsuwania elementów stabilizatora wykonywanego śródoperacyjnie. Aby uniknąć powtarzających się zabiegów chirurgicznych zaproponowano rozwiązanie umożliwiające względne przemieszczenia elementów konstrukcyjnych stabilizatora (pary nadążne) bez konieczności ingerencji zewnętrznej. Odpowiedni dobór parametrów materiałowych, z których wykonane są elementy stabilizatorów kręgosłupa, ma wpływ na zwiększenie odporności na ścieranie i obniża ryzyko wystąpienia stanów zapalnych otaczającej implant tkanki.

W pracy przedstawiono wyniki analizy powierzchni elementów konstrukcji stabilizatora kręgosłupa do leczenia skolioz u dzieci SOCORE GGS firmy NovaSpine, wykonanych ze stopów Ti6Al4V. Konstrukcja składała się z 8 śrub poliaxialnych (SP640), 4 nakrętek przesuwnych, 4 nakrętek stałych, 2 prętów i 1 łącznika poprzecznego. Testy przeprowadzono dla stabilizacji bez modyfikacji – stop Ti6Al4V (obecnie stosowanych w praktyce klinicznej) oraz po modyfikacji powierzchni stabilizatora powłoką DLC (diamond like carbon). Badania przeprowadzono na preparatach zwierzęcych kręgosłupa (Th11 - L7). W celu opisanie współpracy układu kręgosłup - stabilizator przeprowadzono test długotrwałego cyklicznego obciążenia podczas osiowego ściskania i zginania kręgosłupa. Symulacje obciążeń cyklicznych przeprowadzono z zastosowaniem maszyny MTS 858 Mini Bionix®, dla 100 000 cykli obciążeń z częstotliwością 1,5 Hz, w zakresie sił 150 N + 650 N ± 10 N. W celu oceny zużycia powierzchni elementów stabilizatora, przeprowadzono badania nakrętek mocujących bez modyfikacji oraz po modyfikacji powłoką DLC, przed i po eksploatacji. Do badań wykorzystano metody skaningowej mikroskopii elektronowej (Jeol JSM 6610A i Phenom XL).

Zaobserwowano intensywniejsze zużycie powierzchni nakrętek w stabilizatorach bez modyfikacji niż po modyfikacji powłoką DLC. Występowanie intensywniejszych zarysowań oraz charakterystycznych przetrąceń w miejscach współpracy pomiędzy prętem a nakrętką przesuwną w stabilizatorach bez modyfikacji, wynika z występowania większego tarcia nakrętek wzdłuż pręta (z którym tworzyły węzeł kinematyczny odpowiedzialny za efekt biernego „nadążania”). Oznacza to, że powierzchnia nakrętek wykonanych ze stopu tytanowych bez powłoki DLC narażona jest na większe obciążenia tribologiczne podczas pracy stabilizatora.

Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020 - Projekt nr POIR.04.01.01-00-0020/19-00 w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia z Województwem Dolnośląskim „Dolnośląska strefa technologii biomedycznych”.

OCENA WPLYWU DOBORU KONFIGURACJI IMPLANTU NA WLAŚCIWOŚCI UKŁADU KOŚĆ-GWÓZDŹ ŚRÓDSZPIKOWY

Karolina Burzyńska^{1*}, Janusz Bieżyński², Jarosław Filipiak¹

¹ Politechnika Wroclawska, Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej, ul. Łukasiewicza 7/9, 50 371 Wrocław

² Uniwersytet Przyrodniczy, Katedra i Klinika Chirurgii, pl. Grunwaldzki 51, 50-366 Wrocław

* e-mail: karolina.burzynska@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: stabilizacja śródszpikowa, kość udowa, biomechanika, sztywność

Trwałość połączenia kość-implant oraz pomyślność procesu leczenia złamania zależy od dwóch głównych czynników: jakości tkanki kostnej oraz doboru odpowiedniego stabilizatora. Stabilizacja śródszpikowa jest powszechnie używana do leczenia złamań kości u zwierząt, jednak odczuwalny jest brak biomechanicznych analiz współpracy tkanki kostnej i implantu u psów, co może nieść za sobą wiele komplikacji, które mogą przekreślać powodzenie procesu leczenia. W badaniach kompleksowo przeanalizowano procesy związane z interakcją implantu z kością psa w typie rasy owczarek niemiecki.

W celu oceny wpływu sposobu ryglowania gwoźdźcia śródszpikowego na właściwości mechaniczne układu kość-implant, przeprowadzono badania doświadczalne na modelach fizycznych układów kość-implant. Analizowany implant różni się od większości stosowanych rozwiązań tym, że rygle są unieruchomione względem gwoźdźcia, a jedynie gładka, walcowa powierzchnia rygla umożliwia jego przemieszczanie się względem tkanki kostnej. Układy poddano obciążeniom cyklicznie zmiennym na stanowisku obciążającym MTS MiniBionix 858 [1]. Następnie kości zostały zeskanowane na mikroCT SkyScan1172 firmy Brucker w celu oceny zmian zachodzących w tkance okołoryglowej.

Na podstawie otrzymanych charakterystyk siła-przemieszczenie wyznaczono parametry mechaniczne układów kość-implant. Wyznaczone wartości sztywności w konfiguracjach z ryglami jednostronnymi maleją w szybszym tempie niż w konfiguracjach z ryglami dwustronnymi. Analiza wyników pokazała, że znajomość zmian wartości sztywności wraz ze wzrostem liczby cykli obciążeń pozwala na oszacowanie tempa zmian strukturalnych zachodzących w układzie. Wywnioskowano, że możliwy jest wpływ na charakterystykę biomechaniczną zespolenia poprzez dobór odpowiedniej konfiguracji rozmieszczenia rygli różnego typu, w zależności od indywidualnych potrzeb pacjenta.

Piśmiennictwo

[1] Berger, L., Fischerauer, S., Weiß, B., Celarek, A., Castellani, C., Weinberg, AM., Tschegg, E., Unlocked and locked elastic stable intramedullary nailing in an ovine tibia fracture model: a biomechanical study, Mater. Sci. Eng. C. 40 (2014) 267-274.

WŁAŚCIWOŚCI KOROZYJNE WARSTW TLENKOWYCH WYTWORZONYCH NA AZOTKU TYTANU DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH

Beata Kucharska*, Konrad Kowalczyk, Jerzy Robert Sobiecki

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141,
02-507 Warszawa

* e-mail: beata.kucharska@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: plazmowe utlenienie elektrolityczne PEO, azotek tytanu, tlenek tytanu

Tytan i jego stopy znajdują szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, w tym jako materiał na implanty kostne [1]. Wykazano, że dyfuzyjne warstwy azotowane typu $TiN+Ti_2N+\alpha Ti(N)$ wytworzone na tytanie zwiększają jego właściwości mechaniczne, odporność na korozję [2] i biogodność [3]. Jednocześnie prowadzone są badania nad zwiększeniem osteointegracji tytanu w zastosowaniach na implanty kostne poprzez wytworzenie na powierzchni wszczepów warstwy tlenku tytanu TiO_2 z dodatkiem wapnia i fosforu, które to pierwiastki wspomagają proces zrastania się implantu z kością [4]. Perspektywicznym wydaje się być kierunek pozwalający na łączenie właściwości warstw azotowanych i utlenianych poprzez wytwarzanie na tytanie warstw dyfuzyjnych typu $TiO_2(CaP)+TiN+Ti_2N+\alpha Ti(N)$. Tego typu warstwy można otrzymywać na tytanie stosując hybrydowe obróbki powierzchniowe, łączące proces azotowania jarzeniowego oraz proces plazmowego utleniania elektrolitycznego (PEO) w roztworach zawierających związki wapnia i fosforu. Właściwości zewnętrznej strefy tlenku tytanu TiO_2 silnie zależą od parametrów procesu utleniania, tj. napięcia utleniającego i stężenia składników roztworu utleniającego. W artykule przedstawiono wyniki odporności korozyjnej warstw tlenkowych wytworzonych metodą plazmowego utleniania elektrolitycznego prowadzonego w różnych warunkach na azotku tytanu otrzymanym w procesie azotowania jarzeniowego. Procesy utleniania przeprowadzono w kwasie fosforowym (V) zawierającym dodatkowo jony wapnia Ca^{2+} .

Piśmiennictwo

- [1] Wierchoń T., Czarnowska E., Krupa D.: Inżynieria Powierzchni w wytwarzaniu biomateriałów tytanowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2004.
- [2] Sobiecki JR., Wierchoń T., Rudnicki J.: The influence of glow discharge nitriding, oxynitriding and carbonitriding on surface modification of Ti-1Al-1Mn titanium alloy, Vacuum 64 (2002) 41.
- [3] Dion I., Baquey C., Candelon B., Monteites J.R.: Hemocompatibility of titanium nitride, Int. J. Artif. Organs 15 (1992) 617.
- [4] Ishizawa H., Ogino M.: Formation and characterization of anodic oxide films containing Ca and P on titanium implant material, J. Biomed. Mater. Res. 29 (1995) 65.

IZOTROPOWO - ORTOTROPOWY MODEL MES DO ANALIZY STANU NAPRĘŻENIA I DEFORMACJI W TYTANOWYCH ZESPOLENIACH PO ZŁAMANIU WYROSTKA KŁYKCIOWEGO ŻUCHWY

Jacek Świniarski^{1*}, Marcin Kozakiewicz²

¹ Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji, ul. Stefanowskiego 1/15 90-924 Łódź

² Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. WAM, Klinika Chirurgii Szcękowo-Twarzowej, ul. Żeromskiego 113, 90-549 Łódź,

* e-mail: jacek.swiniarski@p.lodz.pl

Słowa kluczowe: MES, kryteria zniszczenia, ortotropia, złamanie kłykcia żuchwy

Złamania głowy żuchwy i górnej części szyki wyrostka kłykciowego żuchwy, są jednymi z najbardziej skomplikowanych w leczeniu chirurgicznym. Osteosynteza za pomocą wkrętów kompresyjnych jest często jedyną drogą przywrócenia prawidłowych warunków anatomicznych. Celem pracy było zbadanie wpływu liczby zastosowanych wkrętów i ich średnicy na stabilność złamania szyki kłykciowej stałej. Do rozwiązania zagadnienia wykorzystano system obliczeniowy MES ANSYS. Model numeryczny żuchwy został zbudowany z podziałem na część korową i gąbczastą. Do dyskretyzacji kości oraz zespolenia wykorzystano elementy bryłowe typu tetrahedron z węzłami pośrednimi. Zastosowano ortotropowy model materiału dla kości, z orientacją własności mechanicznych zgodną z kierunkiem osteonów. Zespolenie w postaci śrub zamodelowano w oparciu o modele geometryczne śrub z wykorzystaniem izotropowego modelu materiału. Zbadano 3 średnice śrub (1,5 mm; 1,7 mm; 2,0 mm) w połączeniu z mocowaniem jedno-, dwu- i trzyśrubowym. Obciążenie było zgodne z fizjologicznym działaniem mięśni podczas gryzienia. Pomiedzy odłamami kości jak również pomiędzy zespoleniem a kością żuchwy zdefiniowano zadanie kontaktowe.

Przeanalizowano przemieszczenia w obrębie szczeliny złamania pod obciążeniem fizjologicznym w czasie gryzienia pokarmów. Dla ortotropowego materiału kości zaproponowano wykorzystanie metody identyfikacji uszkodzeń jak dla kompozytów, która bazuje na określeniu indeksu TWSR (The inverse of Tsai-Wu Strength Ratio Index)

Na podstawie obliczeń stwierdzono, że najmniejszą ruchomość odłamów w płaszczyźnie złamania cechuje się układ trzech wkrętów o największej średnicy 2,0 mm. Jednocześnie należy podkreślić, że stosowanie wkrętów z możliwie największym łbem obniża ryzyko pojawienia się pęknięć kości korowej w obszarze styku łba z kością.

Piśmiennictwo

[1] Barry, RG., Wolbert, TT., Gress, TW., Ray, PD., Mozaffari, FB., Outcomes After Open Reduction With Internal Fixation of Mandible Fractures, J. Craniofac. Surg. 29 (2018) 1237-1240.

[2] Kozakiewicz, M., Świniarski, J., Treatment of high fracture of the neck of the mandibular condylar process by rigid fixation performed by lag screws: Finite element analysis, Dent. Med. Probl. 54 (2017) 223–228.

[3] Kozakiewicz, M., Świniarski, J., "A" shape plate for open rigid internal fixation of mandible condyle neck fracture, J. Craniomaxillofac. Surg. 42 (2014) 730-737.

WPŁYW SONOTERAPII ZROSTU KOSTNEGO NA DEGRADACJĘ POWŁOK POLIMEROWYCH NA PODŁOŻU METALOWYM

**Karolina Wilk^{1*}, Janusz Szewczenko¹, Joanna Jaworska², Katarzyna Jelonek²,
Katarzyna Nowińska³, Marcin Basiaga¹, Wojciech Kajzer¹, Ada Orłowska¹**

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii
Wyrobow Medycznych, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze

² Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki
Przemysłowej, Katedra Geologii Stosowanej, ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice

³ Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk,
ul. M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-819 Zabrze

* e-mail: karolina.wilk@polsl.pl

Słowa kluczowe: biomateriały metalowe, biodegradowalne powłoki polimerowe, Low Intensity Pulsed
Ultrasound

Ze względu na swoje własności stopy tytanu są wykorzystywane jako materiał do zespołów kostnych [1]. Ponadto poprawę ich biokompatybilności można osiągnąć przez zastosowanie biodegradowalnych powłok polimerowych, które dodatkowo, stanowiąc matrycę, umożliwiają lokalne dostarczenie substancji aktywnych, stymulujących wzrost kostny [2]. Wśród innych metod stymulacji wyróżnić można działanie zewnętrznymi bodźcami fizycznymi, między innymi ultradźwiękami o niskim natężeniu. W pracy podjęto próbę oceny wpływu sonoterapii wzrostu kostnego na właściwości fizykochemiczne biodegradowalnych powłok polimerowych typu PLGA zawierających ciprofloksacyne, wytworzonych metodą zanurzeniową na podłożu ze stopu tytanu. Próbkę poddano działaniu ultradźwięków w roztworze Ringera lub jedynie przetrzymywano w roztworze przez okres 1, 3 i 4 tygodni. Zakres badań obejmował obserwacje makroskopowe, badania zwilżalności powierzchni, przenikalności jonów metali do roztworu oraz adhezji powłok do podłoża, a także określenie kinetyki uwalniania substancji aktywnej. Analizowane powłoki polimerowe charakteryzują się właściwościami hydrofilowymi, dobrą adhezją do podłoża oraz właściwościami zaporowymi, ograniczającymi przenikanie produktów degradacji podłoża do roztworu. Zastosowanie sonoterapii spowodowało zmniejszenie własności zaporowych powłok oraz zwiększenie ilości uwalnianego leku. Uzyskane wyniki wskazują na przydatność wytworzonych powłok do zastosowań na implanty stabilizujące odłamy kostne. Ponadto zastosowanie biodegradowalnych powłok typu PLGA umożliwia dostarczenie w obszar regeneracji tkanki kostnej substancji aktywnych, których uwalnianie może być kontrolowane poprzez stosowanie zabiegu sonoterapii o zróżnicowanych parametrach.

Piśmiennictwo

[1] Marciniak J.: Biomateriały, wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.

[2] Kajzer W., Jaworska J., Jelonek K., Szewczenko J., Kajzer A., Nowińska K., Hercog A., Kaczmarek M., Kasperczyk J.: Corrosion resistance of Ti6Al4V alloy coated with caprolactone-based biodegradable polymeric coatings, Maintenance and Reliability 20 (2018) 130-138.

PEEK – ZAAWANSOWANE ROZWIĄZANIE DLA MEDYCYNY PRZYSZŁOŚCI

Monika Mazur

¹ Sygnis Bio Technologies, ul. Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa
e-mail: monika.mazur@sygnis.pl

Słowa kluczowe: *3D_printing, PEEK, Apium, Fused_Filament_Fabrication (FFF), Fused_Deposition_Modeling (FDM)*

Polieteroeteroketon (PEEK) stosowany jest głównie pod względem chirurgii czaszkowo-szczękowo-twarzowej jako skuteczna alternatywa dla materiałów takich jak tytan lub stopy chromo-kobaltu, przy produkcji specyficznych, zindywidualizowanych dla pacjenta implantów. Druk 3D w technologii Fused Filament Fabrication/Fused Deposition Modeling (FFF/FDM) pozwala na budowę praktycznie każdej złożonej geometrii, której nie można wyprodukować przy użyciu innych technologii – jak implanty w lekkiej, bio-imitującej konstrukcji. PEEK zaczął być przetwarzany w metodzie FFF/FFD stosunkowo niedawno, co otworzyło szereg innowacyjnych opcji w zastosowaniach medyczno-chirurgicznych.

Przemysłowy PEEK (Apium 4000) posłużył przy produkcji demonstracyjnej protezy kości łódeczkowatej. Cały proces rozpoczęto od zeskanowania nadgarstka niewykazującego zmian zwyrodnieniowych ani pourazowych w celu uzyskania bazy danych DICOM, a następnie przetworzono w certyfikowanym medycznie oprogramowaniu Mimics Innovation Suite, aby po poprawkach wygenerować wolumetryczny model w pliku o formacie STL. Następujący proces druku przebiegł pomyślnie, osiągając pełną krystalizację polimeru, a powierzchnie stawowe i krawędzie przy otworze kanału posiadały gładkie wykończenie, które jest niezbędne do połączenia z chrząstką i prowadzenia przeszczepu ścięgna bez tarcia. Opracowano także procedurę wytwarzania komponentów imitujących płytki do osteosyntezy czy implantów do ubytków w sklepieniu czaszki. Produkty końcowe wykazały gładkie powierzchnie oraz brak przebarwień, co świadczyło o właściwej krystalizacji. Ponadto wydruki przebieżyły certyfikowany proces sterylizacji w autoklawie.

Najnowsze, komercyjne, medyczne drukarki Apium M220 jako pierwsze na świecie umożliwiły drukowanie certyfikowanych implantów, personalizowanych dla anatomii pacjenta z PEEK. Pozwoliły na dokładne dostosowanie i zoptymalizowanie procesu produkcyjnego do druku wysokosprawnych materiałów termoplastycznych, co daje nadzieję na realne wykonanie planów produkcji niestandardowych implantów w niedalekiej przyszłości.

Piśmiennictwo

[1] Honigmann P., Sharma N., Około B., Popp U., Msallem B., Thieringer FM., Patient-Specific Surgical Implants Made of 3D Printed PEEK: Material, Technology and Scope of Surgical Application, Biomed. Res. Int. 2018 (2018) 4520636.

OPATRUNKI WCHŁANIALNE NA BAZIE AKTYWNEGO TROPOKOLAGENU EGZOGENNEGO Z DODATKIEM ZMODYFIKOWANYCH NANOPROSZKÓW WĘGLA

Stanisław Mitura

¹ Akademia Kaliska, Wydział Nauk o Zdrowiu, ul. Kaszubska 13, 62-800 Kalisz

² Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Materiałowej, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź

³ Technical University of Liberec, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Material Science, Studentska 1/2, 461-17 Liberec

* e-mail: stanislaw.mitura@gmail.com

Słowa kluczowe: tropokolagen, nanodiamant, rany, opatrunek

Projekt ma na celu opracowanie i sparametryzowanie technologii produkcji wchłanialnego opatrunku na bazie aktywnego tropokolagenu pochodzenia rybiego oraz zmodyfikowanego na potrzeby wymagań związanych ze środowiskiem aplikacji opatrunku nanostruktur węglowych [1]. W tym celu zostały określone niezbędne zadania, które pozwolą na poszczególnych etapach określić elementy konieczne do wytworzenia opatrunku. W początkowych etapach zostaną określone parametry kolagenu do wytworzenia opatrunku, sposób modyfikacji nanodiamentów w zakresie właściwości przeciwzapalnych, antyalergicznym, bakteriostatycznym i docelowe formy opatrunku. Wykorzystane zostaną detonacyjne nanodiamenty wykazujące wysoką aktywność biologiczną związaną z ich strukturą elektronową, krystalograficzną, rozwiniętą powierzchnią reakcyjną [2].

Równoległe zostaną opracowane urządzenia do wytworzenia włókniny i błony kolagenowej i do nanoszenia warstwy nanodiamentowej na włókninę kolagenową. Istotnym elementem będzie opracowanie metody i procesu sterylizacji opatrunków. Tak przygotowane formy opatrunkowe zostaną poddane badaniom *in vitro* w zakresie określenia zgodności z normą ISO 10993-1:2018 dla wyrobu medycznego stosowanego powyżej 30 dni i analizie w zakresie pomiaru stopnia proliferacji, migracji komórkowej, żywotności komórkowej, waskularyzacji powstałej nowej tkanki i monitorowaniu zmian na poziomie białek i mRNA genów/białek. Badania te będą równoległe z analizą wpływu przygotowanego opatrunku na procesy angiogenezy i waskulogenezy postnatalnej odgrywającej kluczową rolę w tworzeniu nowych naczyń krwionośnych i przebiegu procesów naprawczych, jak gojenie ran.

Piśmiennictwo

[1] Argalski A., Bazaliński D., Grabowska K., Gronwald J., Jawień A., Karczemka A., Louda P., Mikołajczyk Z., Mitura K., Sionkowska A., Szewczyk M., Svobodova L., Wach R., Zacharski P., Mitura S.: Opracowanie opatrunku wchłanialnego na bazie aktywnego tropokolagenu egzogennego ze skór rybich z dodatkiem zmodyfikowanych nanoproszków węgla. Projekt nr: POIR.04.01.04-00-0077/20.

[2] Mitura K., Włodarczyk E.: Fluorescent Nanodiamonds in Biomedical Applications, J. AOAC Int. 101 (2018) 1297–1307.

POŚREDNI DRUK 3D JAKO METODA OTRZYMYWANIA HYDROŻELOWYCH BIOMATERIAŁÓW

Łukasz Luśtyk¹, Krzysztof Pietryga^{1,2*}, Katarzyna Reczyńska¹, Elżbieta Pamuła¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Kardio-Med Silesia, ul. Marii Curie-Skłodowskiej 10C, 41-800 Zabrze
* e-mail: pietryga@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: pośredni druk 3D, inżynieria tkankowa, hydrożele, rusztowania

Druk 3D oprócz zastosowań w technice czy architekturze znalazł zastosowanie również w medycynie jako narzędzie do wytwarzania biomateriałów służących regeneracji tkanek w multidyscyplinarnej dziedzinie wiedzy jaką jest inżynieria tkankowa. Stanowi on konkurencyjną metodę otrzymywania rusztowań w porównaniu do wcześniej znanych technik wytwarzania. W inżynierii tkankowej druk 3D znalazł zastosowanie głównie jako druk materiałów hydrożelowych, gdzie wykorzystuje te materiały jako biotusze – hydrożele, w których zawieszono są komórki służące do wydrukowania tkanki lub całego organu. Jednakże, biodruk jest techniką dość drogą jak również wiążą się z nią problemy serwisowania samego sprzętu czy niską żywotnością komórek w procesie drukowania [1]. Wśród nowych metod otrzymywania rusztowań pojawiła się również obiecująca – pośredni druk 3D. Metoda ta polega na wygenerowaniu za pomocą oprogramowania typu CAD modelu a następnie wytworzenie takiej formy przy użyciu druku 3D (technologia Fused Deposition Modeling) z rozpuszczalnego polimeru, którą następnie wypełnia się roztworem hydrożelu. Po jego zżelowaniu jako końcowy etap, usuwa się wydrukowaną formę tworząc rusztowanie zachowujące własności fizyczne danego materiału [2-3].

Niniejsze wystąpienie skupi się na opisie metody pośredniego druku 3D w kontekście inżynierii tkankowej, jej zaletach i trudnościach na jakie napotyka się podczas stosowania tej metody.

Piśmiennictwo

[1] Bishop, ES., Mostafa, S., Pakvasa, M., Luu, HH., Lee, MJ., Wolf, JM., Ammer, GA., He, TC., Reid, RR., 3-D bioprinting technologies in tissue engineering and regenerative medicine: Current and future trends, *Genes Dis.* 4(4) (2017) 185-195.

[2] Hassanajili, S., Karami-Pour, A., Oryan, A., Talei-Khozani, T., Preparation and characterization of PLA/PCL/HA composite scaffolds using indirect 3D printing for bone tissue engineering, *Mater. Sci. Eng.: C.* 104 (2019) 109960.

[3] Lee, JY., Choi, B., Wu, B., Lee, M., Customized biomimetic scaffolds created by indirect three-dimensional printing for tissue engineering, *Biofabrication* 5(4) (2013) 045003.

OCENA WŁASNOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH STOPU Ti13Nb13Zr Z WYKORZYSTANIEM NISKOTEMPERATUROWEJ METODY OSADZANIA WARSTW ATOMOWYCH ALD

Julia Lison*, Zbigniew Paszenda, Marcin Basiaga

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii
Wyrobnów Medycznych, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze

* e-mail: julia.lison@polsl.pl

Słowa kluczowe: biofilm, biomateriały, ALD, modyfikacja powierzchni

Z punktu widzenia danych literaturowych biofilm jest odpowiedzialny za 80% wszystkich przewlekłych infekcji, rosnąc wykładniczo w ciągu ostatnich trzech dekad. Szerokie spektrum badań nad biofilmem dostarczyło ważnych szczegółów na temat mechanizmów zaangażowanych w inicjowanie, utrzymywanie i niszczenie społeczności bakteryjnych. Użycie stopów tzw. nowej generacji pozwala na znalezienie złotego środka w przypadku szeroko pojętej implantologii. Zastosowanie warstwy powierzchniowej przy użyciu metody ALD może stanowić podstawę do zminimalizowania ryzyka występowania reakcji organizmu, implantu, czy ujawnienia powikłań pooperacyjnych [1,2].

Dlatego też w pracy podjęto próbę oceny własności fizykochemicznych naniesionych powłok SnO₂ na podłożu jednego ze stopów nowej generacji Ti13Nb13Zr z wykorzystaniem metody ALD. W ramach oceny własności fizykochemicznych tak powstałych warstw powierzchniowych przeprowadzono badania odporności na korozję wżerową, badania z wykorzystaniem elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (EIS), badania zwilżalności powierzchni, scratch test oraz badania własności tribologicznych. Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono zróżnicowane własności fizykochemiczne stopu z powłokami dwutlenku cyny w zależności od zastosowanej ilości cykli oraz temperatury procesu wytwarzania. Uzyskana na tej podstawie wiedza ma znaczenie praktyczne dla zastosowania tego typu modyfikacji powierzchni dla różnych rodzajów zminiaturyzowanych implantów znajdujących swoje zastosowanie w układzie sercowo- naczyniowym, stomatognatycznym oraz kostnym.

Piśmiennictwo

[1] Martin PM.: Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings, Third Edition: Science, Applications and Technology. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London: 2010.

[2] Rumbaugh, K. P., How Well Are We Translating Biofilm Research from Bench-Side to Bedside? Biofilm, 2 (2020) 100028.

KONCEPCJA A REALIA UZYSKANIA BIOAKTYWNOŚCI AKRYLOWEGO CEMENTU KOSTNEGO WYKORZYSTUJĄC METODĘ DOMIESZKOWANIA

**Marcin Wekwejt^{1*}, Małgorzata Nadolska², Krzysztof Łukowicz³, Anna Pałubicka⁴,
Anna Maria Osyczka³, Andrzej Zieliński¹**

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Katedra Fizyki Ciała Stałego, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

³ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii, Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych, ul. Gronostajowa 9, 30-387 Kraków

⁴ Szpital Specjalistyczny w Kościerzynie, ul. A. Piechowskiego 36, 83-400 Kościerzyna
* e-mail: marcin.wekwejt@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: cement kostny, bioaktywność, modyfikacja, właściwości antybakteryjne, biodegradacja, biogodność

Cement kostny na bazie PMMA jest szczególnie popularnym i szeroko stosowanym biomateriałem, który wykorzystywany jest m.in. do wypełniania ubytków kostnych, stabilizacji skomplikowanych złamań czy mocowania implantów metalicznych. Jednakże, jest to materiał bioinertny pozbawiony właściwości bioaktywnych. W przeprowadzonych badaniach oceniano skuteczność metody domieszkowania zastosowanej w celu uzyskania bioaktywności dla cementu kostnego. Komercyjnie dostępny cement Cemex (Tecres, Włochy) został domieszkowany następującymi dodatkami: (i) antybakteryjnymi (gentamycyną, nanosrebrem i nanomiedzią), (ii) biodegradowalnymi (chitozanem, celulozą, trójfosforanem wapnia, polidioksanonem i magnezem) oraz (iii) bioaktywnymi (bioszklami 45S5 i 1393B3). Przygotowane cementy kostne sprawdzano pod kątem ich bioaktywności określanej jako (i) zdolność antybakteryjna, (ii) zmienna w czasie porowatości i (iii) odpowiedź komórkowa. Następujące właściwości modyfikowanego cementu były oceniane w badaniach: aplikacyjne (czas i temperatura polimeryzacji), mechaniczne (wytrzymałość na ściskanie i twardość) oraz biologiczne (hemo- i cytozgodność oraz dla modyfikacji antybakteryjnych, ich skuteczność). Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że domieszkowanie jest prostą i efektywną metodą zmiany właściwości cementu, natomiast dobór odpowiedniego dodatku ma kluczowe znaczenie, gdyż wpływa na (i) zapewnienie osłony antybakteryjnej, (ii) uwalnianie substancji aktywnej wskutek degradacji struktury lub (iii) zmianę odpowiedzi komórkowej.

Piśmiennictwo

[1] Wekwejt M., Chen S., Kaczmarek-Szczepańska B., Nadolska, M., Łukowicz, K., Pałubicka, A., Michno, A., Osyczka, AM., Michalek, M., Zieliński A., Nanosilver-loaded PMMA bone cement doped with different bioactive glasses – evaluation of cytocompatibility, antibacterial activity, and mechanical properties, *Biomater. Sci.* 9(8) (2021) 3112-3126.

[2] Wekwejt, M., Michalska-Sionkowska, M., Bartmański, M., Nadolska, M., Łukowicz, K., Pałubicka, A., Osyczka, AM., Zieliński A., Influence of several biodegradable components added to pure and nanosilver-doped PMMA bone cements on its biological and mechanical properties, *Mat. Sci. Eng. C.* 117 (2020).

SYNTEZA I ANALIZA KOMPOZYTÓW CHITOZANOWYCH O WŁAŚCIWOŚCIACH PROREGENERACYJNYCH

Agnieszka Kubiś*, Natalia Karska, Franciszek Kasprzykowski, Sylwia Rodziewicz-Motowidło

Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk
* e-mail: agnieszka.szczepanik@phdstud.ug.edu.pl

Słowa kluczowe: regeneracja kości, biomateriały, chitozan, peptydy, bio szkło

Inżynierii tkankowa to jedna ze strategii medycyny regeneracyjnej, opierająca się głównie na stosowaniu rusztowań do przyłączenia i wzrostu komórek. Polega na projektowaniu i wytwarzaniu trójwymiarowych matryc, które można wszczepiać do organizmu w celu leczenia chorób lub naprawy defektów [1]. Jest ona z dużym powodzeniem wykorzystywana w ortopedii i chirurgii, ponieważ zapotrzebowanie na przeszczepy kostne jest bardzo duże [2]. Na rynku medycznym jest dostępnych wiele biomateriałów do leczenia ubytków kostnych, wciąż brakuje jednak takiego, który spełniałby wszystkie wymagania nowoczesnego bioimplantu. Częstym problemem występującym przy stosowaniu biomateriałów jest powolna integracja oraz bardzo szybki wyrzut substancji aktywnej zawieszanej w implancie, przez co działają one krótkotrwale [3].

Celem naszych badań jest stworzenie biomateriału o właściwościach proregeneracyjnych, którego rolą będzie wypełnienie ubytku kostnego oraz stworzenie rusztowania dla odtwarzających się komórek. Materiał będzie się składał z bio szkła oraz chitozanu modyfikowanego peptydem o właściwościach pro-regeneracyjnych. Peptyd zawiera w swojej sekwencji fragment specyficzny dla metaloproteiny MMP-7. Dzięki obecności tego enzymu, wytwarzanego przez komórki, po wszczępieniu implantu fragment aktywny będzie powoli uwalniany do środowiska kości. Nasze badania polegają na kowalencyjnym przyłączeniu peptydu do chitozanu oraz na pełnej charakterystyce fizykochemicznej uzyskanego komponentu (chitozan z przyłączonym peptydem), który będzie podstawowym składnikiem końcowego bioimplantu.

Piśmiennictwo

- [1] Litowczenko, J., Woźniak-Budych, MJ., Staszak, K., Wieszczycka, K., Jurga, S., Tylkowski, B., Milestones and current achievements in development of multifunctional bioscaffolds for medical application, *Bioact. Mater.* 6(8) (2021) 2412–2438.
- [2] Stevens, MM., Biomaterials for bone Materials that enhance bone regeneration have a wealth of potential, *Mater. Today* 11(5) (2008) 18–25.
- [3] Winkler, T., Sass, FA., Duda, GN., Schmidt-Bleek, K., A review of biomaterials in bone defect healing, remaining shortcomings and future opportunities for bone tissue engineering: The unsolved challenge, *Bone Jt. Res.* 7(3) (2018) 232–243.

SKAFOLDY NA BAZIE CHITOZANU I KOLAGENU SIECIOWANE GLIOKSALEM JAKO MATERIAŁY DO ZASTOSOWAŃ W INŻYNIERII TKANKOWEJ

Beata Kaczmarek-Szczepańska*, Olha Mazur, Lidia Zasada

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemii, Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: beata.kaczmarek@umk.pl

Słowa kluczowe: chitozan, kolagen, skafoldy, sieciowanie, inżynieria tkankowa

Naukowcy poszukują nowych materiałów do zastosowań w inżynierii medycznej o ulepszonych właściwościach w porównaniu z obecnymi na rynku [1]. Polimery naturalne charakteryzuje biogodność, dzięki czemu stanowią bardzo dobry surowiec do produkcji materiałów biomedycznych [2]. Celem pracy było otrzymanie i scharakteryzowanie nowych materiałów na bazie chitozanu i kolagenu usieciowanych glioksałem.

Kolagen został wyizolowany ze ścięgien ogonów szczurzych w warunkach laboratoryjnych. Otrzymano roztwór chitozanu (Sigma-Aldrich) oraz kolagenu (1%; 0,1M CH₃COOH) i zmieszano (80/20, 50/50, oraz 20/80 wt%). Do tak przygotowanych mieszanin dodano glioksal (Sigma-Aldrich, 40% roztwór) w stosunku masowym 5%. Uzyskany układ zamrożono i zliofilizowano uzyskując skafoldy. Następnie skafoldy zanurzono w wodzie destylowanej na czas 3 min, trzykrotnie zmieniając wodę. Materiały ponownie zamrożono i zliofilizowano, a następnie poddano charakterystyce.

Badania mechaniczne wykazały polepszenie parametrów materiałów w wyniku usieciowania. Zbadano także stabilność materiałów (zdolność do pęcznienia oraz degradacji) w różnych mediach (SBF, pożywce stosowanej w badaniach komórkowych oraz sztucznej ślinie). Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, iż usieciowanie wszystkich typów materiałów polepsza ich stabilność.

Badania pokazują, że glioksal jest efektywnym środkiem sieciującym, który może być stosowany celem zwiększenia stabilności oraz poprawy parametrów mechanicznych materiałów na bazie chitozanu oraz kolagenu.

Piśmiennictwo

[1] Kaczmarek, B., Sionkowska, A., Monteiro, F., Carvalho, A., Łukowicz, K., Osyczka, AM., Characterization of gelatin and chitosan scaffolds cross-linked by addition of dialdehyde starch, Biomed. Mater. 13 (2018) 015016.

[2] Kaczmarek, B., Mazur, O., Collagen-based materials modified by phenolic acids - a review. Materials 13 (2020) 3641.

NANOMATERIAŁY WĘGLOWE W STYMULACJI KOMÓREK TKANKI NERWOWEJ

Aneta Frączek-Szczypta^{1*}, Danuta Jantas²

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-054 Kraków

² Instytut Farmakologii im. Jerzego Maja Polskiej Akademii Nauk, Zakład Neuroendokrynologii Doświadczalnej, ul. Smętna 12, 31-343 Kraków

* e-mail: afraczek@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: nanorurki węglowe, tlenek grafenu, nanokompozyty, biogodność, komórki nerwowe

Nanomateriały węglowe budzą zainteresowanie specjalistów z różnych dziedzin życia w tym od wielu lat również naukowców z pogranicza nauk inżynierskich i medycznych. Zainteresowanie to wynika przede wszystkim z ich niepowtarzalnych właściwości oraz różnorodności form w jakich występować mogą materiały węglowe [1]. Bardzo ważnym aspektem jest możliwość sterowania tymi właściwościami, modyfikując nanomateriały pod kątem potencjalnego zastosowania w medycynie czy inżynierii biomateriałów, zarówno w obszarze regeneracji tkanki kostnej, chrzęstnej czy nerwowej.

W pracy przedstawione zostaną wyniki badań warstw bazujących na CNT i GO otrzymanych w wyniku nanoszenia elektroforetycznego (EPD) na powierzchni podłoża tytanowych jako potencjalnych układów do stymulacji komórek tkanki nerwowej. Warstwy na bazie CNT i GO modyfikowane za pomocą grup funkcyjnych jak i polimeru przewodzącego zostały poddane badaniom mikrostrukturalnym jak SEM i TEM, fizykochemicznym za pomocą goniometru, mikroskopu konfokalnego, elektrochemicznym, oceniona została również ich chemia powierzchni za pomocą FTIR i XPS. W kolejnym etapie próbki zostały poddane testom biogodności z wykorzystaniem ludzkiej linii komórek neuroblastomy (SH-SY5Y) oraz pierwotnych komórek neuronalnych wyizolowanych z kory mózgowej zarodków mysich [2].

Wyniki badań wskazują na pozytywny wpływ samych nanomateriałów, a w szczególności po odpowiedniej ich modyfikacji w kierunku wzrostu żywotności komórek tkanki nerwowej, a także wzrostu długości neuronów, jak również w jednym z przypadków tworzenie się „neurosferopodobnych” struktur (ang. „neurosphere-like” structures) neuronów korowych. Taki materiał może być rodzajem inteligentnego podłoża, które dzięki odpowiedniemu połączeniu właściwości fizykochemicznych, może stymulować reprodukcję struktur tkanki nerwowej obecnych w ośrodkowym układzie nerwowym.

Piśmiennictwo

[1] Gubernat, M., Zambrzycki, M., Frączek-Szczypta, A., Błażewicz, S., Novel carbon toroidal nanoarchitecture from catalyst-free chemical vapour deposition on a porous graphite surface, *Micron* 130 (2020) 1–9.

[2] Frączek-Szczypta, A., Jantas, D., Ciepela, F., Grzonka, J., Graphene oxide-conductive polymer nanocomposite coatings obtained by the EPD method as substrates for neurite outgrowth, *Diam. Relat. Mater.* 102 (2020) 107663.

WYSOKOPOROWATE CEMENTY KOSTNE WYTWARZANE Z UŻYCIEM BIOSURFAKTANTÓW

Ewelina Cichoń*, Joanna Czechowska, Aneta Zima

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* e-mail: ecichon@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: cementy fosforanowo-wapniowe, biosurfaktanty, porowatość, saponiny, estry cukrowe

Wysokoporowate fosforanowo-wapniowe cementy kostne (CPC), otrzymywane w procesie spieniania wspomaganego biosurfaktantami, stanowią stosunkowo nową grupę substytutów kostnych [1]. Materiały te wprowadza się do ubytku w formie pasty, powstałej w procesie zmieszania fazy stałej z fazą ciekłą. Spieniona pasta cementowa ulega związaniu i twardnieniu *in situ*. Niniejsze badania dotyczą spienianych CPC otrzymanych z użyciem estru sacharozy oraz saponiny z mydłodrzewa właściwego. Zbadano wpływ użytych biosurfaktantów na fizykochemiczne właściwości materiałów finalnych.

Wytworzono i przebadano cementy kostne zawierające biosurfaktanty: saponinę (materiał fSAP) i ester sacharozy (materiał fSuE). Cement bez dodatku biosurfaktantu (fCTRL) posłużył jako materiał kontrolny. W przypadku materiału fSAP w skład fazy ciekłej wchodził 2% wodny roztwór Na_2HPO_4 z dodatkiem saponiny (SAP) w ilości 10g·L⁻¹. Po mechanicznym spienieniu fazy ciekłej cementu fSAP zmieszano ją z fazą stałą, w skład której wchodził α -fosforan(V) wapnia (α -TCP). W przypadku materiału fSuE do wytworzenia fazy stałej cementu użyto α -TCP oraz estru sacharozy w ilości 7mg na gram proszku. Fazę ciekłą stanowił wówczas 2% wodny roztwór Na_2HPO_4 . W przypadku wszystkich cementów stosunek fazy ciekłej do fazy stałej wynosił 0,7 g·g⁻¹. Zbadano porowatość, wytrzymałość na ściskanie oraz mikrostrukturę otrzymanych materiałów. Dodatkowo dokonano analizy architektury cementów przy użyciu mikrotomografii komputerowej.

Wykazano, że poprzez zastosowanie biosurfaktantów, w wyniku procesu spieniania z powrotem można otrzymać wysokoporowate cementy kostne. Porowatość cementu fCTRL bez dodatku surfaktantu wyniosła $54,8 \pm 0,5$ %obj. Dla materiału fSuE wartość ta wynosiła $60,0 \pm 2,7$ %obj. natomiast dla cementu fSAP $76,3 \pm 1,2$ %obj. Podczas obserwacji mikrostruktury cementów uwidoczniło się liczne makro- i mikropory. Wytrzymałość na ściskanie wynosiła odpowiednio $2,37 \pm 0,50$; $0,24 \pm 0,03$ oraz $2,72 \pm 0,62$ MPa dla materiałów fCTRL, fSAP i fSuE. Otrzymane materiały należy poddać dalszym badaniom fizykochemicznym i biologicznym.

Podziękowania: Praca finansowana z grantu Narodowego Centrum Nauki „Wpływ rodzaju oraz ilości użytego surfaktantu na właściwości wysokoporowatych rusztowań typu cementowego do zastosowań w inżynierii tkanki kostnej” o numerze 017/27/N/ST8/00913.

Piśmiennictwo

[1] Ginebra, MP., Espanol, M., Montufar, EB., Perez, RA., Mestres, G., New processing approaches in calcium phosphate cements and their applications in regenerative medicine, Acta Biomater. 6(8) (2010) 2863-2873.

CHITOZAN DIALDEHYDOWY – NOWY ŚRODEK MODYFIKUJĄCY WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE MATERIAŁÓW BIOPOLIMEROWYCH

Sylwia Grabska-Zielińska^{1*}, Alina Sionkowska², Ewa Olewnik-Kruszkowska¹

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej i Fizykochemii Polimerów, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

² Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: sylwia.gz@umk.pl

Słowa kluczowe: chitozan dialdehydowy, materiał biopolimerowy, środek sieciujący, modyfikator

Proces sieciowania jest szeroko stosowaną metodą do modyfikacji materiałów biopolimerowych [1]. Oczekuje się, że zmodyfikowane materiały będą charakteryzować się pożądanymi w inżynierii tkankowej właściwościami fizykochemicznymi. Znane są trzy typy sieciowania: chemiczne, fizyczne i enzymatyczne [1]. Najczęściej stosowane jest sieciowanie chemiczne, którego zaletami są: tworzenie bardzo silnych wiązań pomiędzy związkami polimerowymi a środkiem sieciującym, względna dostępność odczynników, oraz efektywność i przewidywalność procesu [1]. W naukach biomedycznych istnieje potrzeba poszukiwania nowych środków sieciujących, które będą bezpieczne i nietoksyczne. Coraz większym zainteresowaniem naukowców cieszą się polisacharydy dialdehydowe: alginian dialdehydowy, celuloza dialdehydowa.

Dlatego celem naszej pracy było usieciowanie materiałów na bazie fibroiny jedwabiu, kolagenu i chitozanu skrobią dialdehydową (DAS) i chitozaniem dialdehydowym (DAC) oraz charakterystyka fizykochemiczna przygotowanych materiałów [2]. Na drodze liofilizacji, otrzymano trójskładnikowe, trójwymiarowe materiały na bazie fibroiny jedwabiu, chitozanu, kolagenu, które usieciowano DAS, jako powszechnie stosowanym środkiem sieciującym oraz DAC, jako nowym środkiem sieciującym w tego rodzaju materiałach. Wykonano ocenę właściwości mechanicznych, porowatości, gęstości, zawartości wody, pęcznienia oraz odpowiedzi komórkowej na komórki MG-63.

Zarówno DAS, jak i DAC mają wpływ na właściwości mechaniczne, wielkość porów, zdolność pęcznienia i stabilność termiczną rusztowań. Większość materiałów była cytokompatybilna z komórkami MG-63, jednak rusztowania usieciowane DAS zapewniały lepsze środowisko do hodowli komórek.

Podziękowania dla Narodowego Centrum Nauki za sfinansowanie badań w ramach projektu Preludium nr 2018/31/N/ST8/01391.

Piśmiennictwo

[1] Grabska-Zielińska, S., Sionkowska, A., How to Improve Physico-Chemical Properties of Silk Fibroin Materials for Biomedical Applications? - Blending and Cross-Linking of Silk Fibroin - A Review, Materials 14 (2021) 1510.

[2] Grabska-Zielińska, S., Sionkowska, A., Olewnik-Kruszkowska, E., Reczyńska, K., Pamuła, E., Is Dialdehyde Chitosan a Good Substance to Modify Physicochemical Properties of Biopolymeric Materials? Int. J. Mol. Sci. 22 (2021) 3391.

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA TECHNOLOGICZNE W INŻYNIERII TKANKOWEJ – BIODRUK 3D

Nikoletta Buczek

Sygnis Bio Technologies, ul. Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa
e-mail: nikoletta.buczek@sygnis.pl

Słowa kluczowe: inżynieria tkankowa, biodruk 3D, medycyna regeneracyjna

Inżynieria tkankowa to jedna z najprężniej rozwijających się dziedzin, która łączy biomateriały i żywe komórki w celu stworzenia modeli biologicznych. Aby sprostać wyzwaniom związanym ze stworzeniem funkcjonalnych tkanek opracowano wiele metod ich wytwarzania. W ostatnich latach widoczny jest eksponentywny wzrost publikacji związanych z biodrukiem 3D [1].

Biodruk 3D wykorzystuje technologie addytywne pozwalając nam na budowanie trójwymiarowych struktur tkankowych o zaawansowanych kształtach i właściwościach. Są to nie tylko modele tworzone z zamysłem wszczepiania ich do żywych organizmów, a przede wszystkim modele *in vitro* do prowadzenia badań nad nowymi lekami, biomateriałami oraz modelowaniem chorób [2].

Dużym wyzwaniem dla tej techniki jest stworzenie i dobranie biotuszu o odpowiednich właściwościach fizyko-chemicznych, który jednocześnie będzie drukowalny i zapewni warunki do przeżycia dla komórek, w szczególności komórek macierzystych [3]. Istnieje kilka głównych rodzin biomateriałów, głównie hydrożelowych, które są powszechnie stosowane do tworzenia modeli tkankowych. Zaliczamy do nich m.in. alginiany, metakrylany żelatyny i lamininy [1].

Oprócz standardowych technik biodruku 3D takich jak ekstruzja materiału lub laserowe utwierdzenie biotuszu regularnie pojawiają się nowe technologie, które pozwalają pokonać wcześniejsze ograniczenia wydruków [4].

Technologia biodruku 3D nie tylko otwiera wiele możliwości dla współczesnej medycyny regeneracyjnej, ale również rozszerza zakres wykorzystywania powtarzalnych modeli tkankowych do testowania *in vitro* terapii lekowych oraz w przyszłości ma szansę zastąpić powszechnie stosowane modele zwierzęce [4].

Piśmiennictwo

[1] Malda, J., Visser, J., Melchels, FP., Jungst, T., Hennink, WE., Dhert, WJA., Groll, J., Hutmacher, DW., 25th anniversary article: Engineering hydrogels for biofabrication, *Adv. Mater.* 25 (2013) 5011–5028.

[2] Jakus, AE., Rutz, A.L., Shah, RN., Advancing the field of 3D biomaterial printing, *Biomed. Mater.* 11, (2016) 014102.

[3] Sun, W., Starly, B., Daly, AC., Burdick, JA., Groll, J., Skeldon, G., Shu, W., Sakai, Y., Shinohara, M., Nishikawa, M., Jang, J., Cho, DW., Nie, M., Takeuchi, S., Ostrovidov, S., Khademhosseini, A., Kamm, RD., Mironov, V., Moroni, L., Ozbolat, IT., The bioprinting roadmap. *Biofabrication* 12 (2020) 022002.

[4] Levato, R., Jungst, T., Scheuring, RG., Blunk, T., Groll, J., Malda, J., From Shape to Function: The Next Step in Bioprinting. *Adv. Mater.* 32 (2020) 1906423.

KOMPOZYTOWE MATERIAŁY HYDROŻELOWE MODYFIKOWANE POLI(GLIKOLEM ETYLENOWYM) DO ZASTOSOWAŃ IMPLANTACYJNYCH

Natalia Złocista-Szewczyk*, Igor Wieczorek, Natalia Szczepanek, Kinga Pielichowska

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra
Biomateriałów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
* e-mail: zlocista@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: hydrożele, biomateriały, guma gellan, alginianu sodu, poli(glikol etylenowy)

Tkanka chrzęstna ze względu na swoją strukturę posiada ograniczone zdolności do samoregeneracji. Poważne urazy wymagają interwencji chirurgicznej, co w wielu przypadkach jest mało efektywne. Obecnie poszukuje się coraz skuteczniejszych rozwiązań tego problemu przy pomocy inżynierii tkankowej. W tej pracy skupiono się na porównaniu materiałów hydrożelowych na bazie gumy gellan oraz alginianu sodu modyfikowanych stałą ilością hydroksyapatytu (HAp) i/lub tlenku grafenu (GO) oraz zmienną ilością poli(glikolu etylenowego) (PEG) [1-3].

Do wykonania próbek użyto alginianu sodu (ALG) w postaci proszku, gumy gellan (GG), PEG o średnich masach cząsteczkowych 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 i 10000 oraz tlenku grafenu w postaci pasty. Kompozyty otrzymano w dwóch seriach odpowiednio pierwszą jako mieszaninę: 8% alginianu sodu z 1% dodatkiem GO oraz 8,5% PEG oraz drugą składającą się z 2%GG z 0,5%GO, 5%HAp oraz 7%PEG. Kompozyty zostały poddane badaniom mechanicznym, reologicznym oraz badaniom *in vitro* w celu sprawdzenia ich biogodności.

W przypadku próbek alginianowych zaobserwowano poprawę właściwości mechanicznych przez dodanie modyfikatorów dla każdej z próbek. Dla materiałów opartych na gumie gellan nie zaobserwowano takiego trendu, jedynie dodatek PEG o masie cząsteczkowej 10000 poprawił wytrzymałość mechaniczną. Badania reologiczne wykazały, że dodatek PEG powoduje niewielki wzrost lepkości w przypadku próbek alginianowych, a dla próbek z gumą gellan zaobserwowano spadek lepkości wraz z wyższą masą cząsteczkową PEG. Badania *in vitro* pozwoliły stwierdzić, że uzyskane kompozyty cechują się bioaktywnością. Badane kompozyty wykazują potencjał do wykorzystania w inżynierii tkankowej. Należy jednak przeprowadzić dodatkowe badania oraz dla próbek na bazie GG zmodyfikować skład, tak aby ich właściwości w jak największym stopniu odpowiadały właściwościom tkanki naturalnej.

Piśmiennictwo

- [1] Yu, I., Kaonis, S., Chen, R., A Study on Degradation Behavior of 3D Printed Gellan Gum Scaffolds, *Procedia CIRP* 65 (2017) 78–83.
- [2] Wan, C., Frydrych, M., Chen, B., Strong and bioactive gelatin–graphene oxide nanocomposites, *Soft Matter*. 7(13) (2011) 6159–6166.
- [3] Lee, KY., Mooney, DJ., Alginate: Properties and biomedical applications, *Prog. Polym. Sci.* 37(1) (2012) 106–126.

KOMPOZYTY BIOPOLIMEROWE DO POTENCJALNEGO ZASTOSOWANIA W INŻYNIERII TKANKOWEJ

Katarzyna Pieklarz*, Zofia Modrzejewska

Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 213

* e-mail: katarzyna.pieklarz@dokt.p.lodz.pl

Słowa kluczowe: polimery, chitozan, tlenek grafenu, hydrożele, inżynieria tkankowa

Po okresie gwałtownego rozwoju polimerów sztucznych, obecnie na świecie obserwuje się wzrost zainteresowania polimerami naturalnymi. Z tej grupy substancji szczególną pozycję zajmuje chityna i jej pochodne, zwłaszcza chitozan, będący liniowym aminopolisacharydem zbudowanym z jednostek D-glukozoaminy i N-acetylo-D-glukozoaminy, który stanowi atrakcyjny materiał aplikacyjny w medycynie oraz naukach biomedycznych, na przykład inżynierii tkankowej [1-2].

Przedmiotem badań prezentowanej pracy są kompozyty chitozanowe, które dzięki unikalnej zdolności do zwiększania lepkości pod wpływem temperatury, potencjalnie łatwo można aplikować w formie płynnej, dzięki czemu dokładnie wypełniane jest miejsce chorobowo zmienione.

Układy opracowano w postaci hydrożeli otrzymanych z soli chitozanowych, przy użyciu β -glicerofosforanu sodu jako substancji umożliwiającej przejście fazowe zolu w żel. Do struktury biomateriałów wprowadzono także nanonapełniacz w postaci tlenku grafenu.

Do badań strukturalnych otrzymanych żeli zastosowano spektroskopię FTIR i mikroskopię SEM. Określono także temperaturę przemiany fazowej (pomiaru właściwości reologicznych roztworów chitozanowych). W ramach badań biologicznych oceniono cytotoksyczność (test z użyciem resazury) oraz genotoksyczność (test kometowy) hydrożeli poprzez kontakt z linią komórkową HT-29. Ponadto dokonano oceny przeżywalności komórek linii Saos-2 z zastosowaniem techniki mikroskopii fluorescencyjnej.

Otrzymane wyniki wskazują, iż hydrożele zawierające GO cechują się bardziej rozwiniętą strukturą przestrzenną i zwiększeniem porów niż w przypadku biomateriałów bez nanonapełniacza. Dodatkowo opracowane układy wykazują wysoką biokompatybilnością i mogą być potencjalnie zastosowane jako scaffolds w inżynierii tkankowej.

Piśmiennictwo

[1] Younes, I., Rinaudo, M., Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications, Mar. Drugs 13(3) (2015) 1133–1174.

[2] Majeti, NV., Kumar, R., A review of chitin and chitosan applications, React. Funct. Polym. 46(1) (2000) 1-27.

WSZCZEPIALNE BIOOGNIWA PALIWOWE DO ZASILANIA BIOCZUJNIKÓW

Kamila Sadowska

Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęczca,
Polska Akademia Nauk, ul. Księcia Trojdena 4, 02-109 Warszawa
* e-mail:ksadowska@ibib.waw.pl

Słowa kluczowe: *bioogniwa paliwowe, bioczujniki, glukoza, lakaza, oksydaza glukozowa*

Bioogniwa paliwowe typu enzymatycznego (EBFC) wykorzystują enzymy jako katalizatory elektrodowe i bezpośrednio przekształcają energię chemiczną w energię elektryczną. Ogniwa enzymatyczne odznaczają się wysokimi gęstościami prądu i mocy. Do ich negatywnych cech zalicza się niecałkowite wykorzystywanie paliwa, wrażliwość na warunki zewnętrzne i krótki czas działania. Wyeliminowanie negatywnych właściwości ogniw enzymatycznych jest wyzwaniem dla badaczy, dlatego prowadzone są liczne badania na ten temat.

EBFC cieszą się dużym zainteresowaniem, jako źródło energii nowej generacji do zasilania wszczepialnych urządzeń medycznych, takich jak stymulatory nerwów, rozruszniki serca czy czujniki [1]. Przykładowo możliwe jest pozyskiwanie energii elektrycznej z glukozy obecnej w płynach ustrojowych, takich jak krew czy pot. W prezentacji zostaną podsumowane osiągnięcia dotyczące wszczepialnych bioogniw paliwowych z ostatnich 10 lat, uwzględniając wyniki badań własnych.

Piśmiennictwo

[1] Cosnier, S., Le Goff, A., Holzinger, M.: Towards glucose biofuel cells implanted in human body for powering artificial organs: Review, *Electrochem commun.* 38 (2014) 19-23.

IMPLANTY BIODEGRADOWALNE W ODBUDOWIE TWARZOCZASZKI

Małgorzata Muzalewska*, Marek Wyleźół

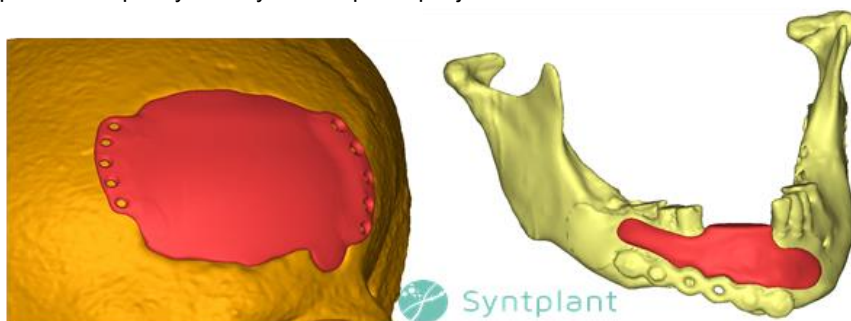
Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Podstaw Konstrukcji
Maszyn, ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice
* e-mail: malgorzata.muzalewska@polsl.pl

Słowa kluczowe: *implanty bioresorbowalne, materiał kościotwórczy, rekonstrukcja twarzoczaszki*

Zastosowanie biodegradowalnych implantów w odbudowie twarzoczaszki pozwoliło na całkowicie nowatorskie podejście do zagadnienia rekonstrukcji tkanki kostnej we wskazanym obszarze.

Materiał, z którego wykonano implanty jest nie tylko biodegradowalny, ale również wspomaga i przyspiesza odbudowę tkanki kostnej.

Wykonane implanty zostały postaciowo indywidualnie dopasowane do braków kostnych pacjentów. Na podstawie tomografii komputerowych odwzorowano modele 3D struktur anatomicznych, do których dopasowano postaci geometryczne modeli 3D implantów. Wytworzone implanty zostały zaimplementowane na płacie czołowym (po resekcji nowotworu) oraz na kości żuchwy (rekonstrukcja twarzoczaszki po wypadku komunikacyjnym). W obu przypadkach implanty zostały wszczepione pacjentom.



Rys. 1. Po lewej: implant czołowy, po prawej: implant żuchwy

MIKROCZĄSTKI Z GUMY GELLAN JAKO NOŚNIKI SUBSTANCJI AKTYWNYCH W POLIMEROWYCH SKAFOLDACH

Justyna Kozłowska¹, Weronika Prus-Walendziak¹, Natalia Stachowiak¹, Anna Bajek²,
Łukasz Kaźmierski²

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemii, Katedra Chemii Biomateriałów
i Kosmetyków, Zespół Funkcjonalnych Materiałów Polimerowych, ul. Gagarina 7,
87-100 Toruń

² Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Lekarski,
Katedra Urologii i Andrologii, ul. Karłowicza 24, 85-092 Bydgoszcz
e-mail: justynak@umk.pl

Słowa kluczowe: mikrocząstki, enkapsulacja, kontrolowane uwalnianie, skafold

Technologia mikro- i nano enkapsulacji to proces „zamykania” leku lub innej substancji aktywnej z zastosowaniem cienkich powłok lub matryc polimerowych, w wyniku którego uzyskuje się małe cząstki określane jako mikro- nanokapsułki [1]. W ciągu ostatnich lat technika ta cieszy się coraz większą popularnością, zwłaszcza w farmacji, medycynie, przemyśle spożywczym i kosmetycznym, a także w rolnictwie oraz weterynarii [2].

Celem pracy było otrzymanie i charakterystyka materiałów zawierających mikrocząstki zaincorporowane w matrycach polimerowych w formie skafoldów. Jako modelowy składnik do enkapsulacji wykorzystano ekstrakt z kwiatów nagietka lekarskiego, który znany jest m.in. z właściwości przeciwzapalnych, antyseptycznych i antynowotworowych [3]. Porównano różne metody otrzymywania mikrocząstek z gum: gellan i ksantanowej. Mikrocząstki inkorporowano w polimerowych matrycach z kolagenu i żelatyny uzyskanych techniką liofilizacji.

Otrzymane matryce wykazywały dużą zdolność pęcznienia, a dodatek mikrocząstek nieznacznie wpłynął na zmianę ich mikrostruktury czy parametrów mechanicznych. Uzyskano materiały o kontrolowanym uwalnianiu składnika aktywnego. Cytotoksyczność otrzymanych skafoldów oceniano względem mysich fibroblastów 3T3 z wykorzystaniem testu MTT. Najbardziej obiecujące wyniki uzyskano w przypadku materiałów zawierających 3% dodatek mikrocząstek na bazie gumy gellan. Tego typu materiały mogą stanowić prototyp dla skafoldów wykorzystywanych w inżynierii tkankowej.

Badania finansowane z grantu NCN nr UMO-2016/21/D/ST8/01705.

Piśmiennictwo

- [1] Jafari, SM., An overview of nanoencapsulation techniques and their classification, Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries, Academic Press 2017.
- [2] Kashyap, PL., Xiang, X., Heiden, P., Chitosan nanoparticle based delivery systems for sustainable agriculture, Int. J. Biol. Macromol. 77 (2015) 36-51.
- [4] Ukiya, M., Akihisa, T., Yasukawa, K., Tokuda, H., Suzuki, T., Kimura, Y., Anti-inflammatory, anti-tumor-promoting, and cytotoxic activities of constituents of marigold (*Calendula officinalis*) flowers. J. Nat. Prod. 69 (2006) 1692-1696.

IMPLANTY PIERSI STOSOWANE W CHIRURGII PLASTYCZNEJ I REKONSTRUKCYJNEJ

Ewelina Imiolek^{1*}, Barbara Rynkus¹, Julia Lisoń², Magdalena Antonowicz²

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, Studenckie Koło Naukowe SYNERGIA, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska

² Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska
* e-mail: ewelimi131@student.polsl.pl

Słowa kluczowe: *implanty, implanty piersi, silikon, powikłania, modyfikacja powierzchni*

Implanty piersi są szeroko stosowane zarówno w chirurgii plastycznej, jak i rekonstrukcyjnej w celu poprawy wyglądu piersi czy odzyskania pewności siebie pacjentek po przebyciu chorób nowotworowych. Implanty piersi stosowane są powszechnie już od początków lat 60-tych XX wieku. Implant piersi składa się z powłoki wykonanej z elastomeru silikonowego wypełnionej żelam silikonowym lub solą fizjologiczną. Powłoki implantu z elastomeru silikonowego są dostępne na rynku w dwóch wariantach: o gładkiej lub teksturowej powierzchni. Najczęściej spotyka się implanty wypełnione żelam silikonowym o różnym stopniu konsystencji od półpłynnej do galaretowatej. Zabieg wszczepienia implantów wiąże się z występowaniem powikłań takich jak przykurcz torebki, pęknięcie implantu, a także zrost implantu z tkanką. Z tego względu zaczęto prowadzić badania modyfikacji powierzchni implantów w celu polepszenia ich właściwości użytkowych. Wśród najczęściej spotykanych modyfikacji powierzchni silikonowych implantów piersi wyróżniono: obróbkę plazmową, ekspozycję na promieniowanie UV/ozon, naświetlanie promieniami UV czy metody aktywacji chemicznej z użyciem roztworów kwaśnych, procesów zol-żel lub chemicznego osadzania z fazy gazowej.

Piśmiennictwo

- [1] Champaneria, MC., Wong, WW., Hill, ME., Gupta, DC., The evolution of breast reconstruction: A historical perspective, *World J. Surg.* 36(4) (2012) 730–742.
- [2] Magill, LJ., Tanska, A., Keshtgar, M., Mosahebi, A., Jell, G., Mechanical and surface chemical analysis of retrieved breast implants from a single centre, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 91 (2019) 24–31.
- [3] Chopra, S., Marucci, D., Cutaneous complications associated with breast augmentation: A review, *Int. J. Womens Dermatol.* 5(1) (2019) 73–77.
- [4] Lam, M., Migonney, V., Falentin-Daudre, C.: Review of silicone surface modification techniques and coatings for antibacterial/antimicrobial applications to improve breast implant surfaces, *Acta Biomater.* 121 (2021) 68–88.

SYSTEM DOZOWANIA SUBSTANCJI LECZNICZEJ OPARTY NA POLIPIROLU CELOWANY W LECZENIE CHORÓB NEURODEGENERACYJNYCH

Sara Krawczyk*, Sylwia Golba

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Instytut Inżynierii Materiałowej,
ul. Bankowa 14, 40-007 Katowice

* e-mail: sara.krawczyk@us.edu.pl

Słowa kluczowe: systemy dozowania leków, przewodzące polimery, polipirol, pochodna fenotiazyny

W podeszłym wieku zachorowalność na choroby neurodegeneracyjne, uszkadzające neurony w układzie nerwowym wzrasta. Są to choroby osłabiające organizm, które prowadzą do niszczenia lub obumierania komórek nerwowych. Ich skutkiem są problemy z poruszaniem się lub obniżenie sprawności umysłowej (demencja). Wzrost zachorowalności na choroby neurodegeneracyjne związany jest m.in. z małą efektywnością środków farmakologicznych. Na przekazywanie informacji w układzie nerwowym pozwala przeskok impulsu elektrycznego pomiędzy synapsami, dlatego w projektowanych aplikacjach wykorzystywane są polimery przewodzące [1].

W badaniach pirol został zsyntezowany z heparyną oraz substancją leczniczą, będącą pochodną fenotiazyny w obecności siarczanu dodecyłu sodu na podłożu stalowym. Pochodna fenotiazyny stosowana jest w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych zwiększając motorykę mięśni [2].

Celem badań jest synteza oraz charakterystyka otrzymanych warstw przewodzących na podłożu stalowym pod kątem systemów dozowania substancji leczniczych celowanych w choroby neurodegeneracyjne. Cykliczna voltametria została wykorzystana do otrzymania warstw polipirolu z wbudowanymi cząsteczkami substancji leczniczych oraz do scharakteryzowania otrzymanych warstw. Metoda FTIR posłużyła do sprawdzenia czy substancje lecznicze zostały uwolnione z matrycy polimerowej. Metoda UV-Vis została wykorzystana do symulacji krzywych uwalniania substancji leczniczej.

Wyniki pokazują, że nowy materiał oparty na pirolu jest zdolny do potencjalowego uwalniania substancji leczniczej z implantu stalowego. Taki system może zostać wykorzystany do dalszych badań w celu usprawnienia aplikacji w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych.

Piśmiennictwo

[1] Gawel, M., Potulska-Chromik, A., Choroby neurodegeneracyjne: choroba Alzheimera i Parkinsona, Postępy Nauk Med. XXVIII (2015) 468–476.

[2] Bais, S., Gill, N.S., Kumar, N., Neuroprotective Effect of Juniperus communis on Chlorpromazine Induced Parkinson Disease in Animal Model, Chinese J. Biol. 2015 (2015) 1–7.

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCJI IMPLANTÓW STOSOWANYCH W CHIRURGII PLASTYCZNEJ I REKONSTRUKCYJNEJ

Magdalena Koperska^{1*}, Karolina Brzezińska¹, Anna Taratuta², Magdalena Antonowicz²

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wytwarzania Medycznych, Studenckie Koło Naukowe SYNERGIA, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska

² Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wytwarzania Medycznych, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska
* e-mail: magkop780@student.polsl.pl

Słowa kluczowe: *implanty piersi, silikon, mesh scaffold, chirurgia rekonstrukcyjna*

Chirurgia plastyczna i rekonstrukcyjna to niezwykle szeroka dziedzina obejmująca między innymi szereg zabiegów z zakresu medycyny estetycznej. Takim zabiegom poddają się osoby, które nieustannie dążą do osiągnięcia ideału, ale także jest to czasem jedyne możliwe rozwiązanie dla tych, którzy doznali uszczerbku w wyglądzie w wyniku nieszczęśliwego wypadku czy choroby. Do najczęściej przeprowadzanych zabiegów upiększających należą powiększanie i rekonstrukcja piersi a także uzupełnianie implantami ubytków twarzy, łydki i jąder [1]. W przypadku części z nich wykorzystuje się powszechnie znane metody przeprowadzania zabiegów, które wymagają zastosowania implantów wykonanych ze sprawdzonych biomateriałów. Długoletnie badania oraz użytkowanie wspomnianych implantów pokazują jednak, że ich właściwości nie są idealne i może dochodzić do różnego rodzaju powikłań wynikających z obecności wszczepu w organizmie czy uszkodzeń.

Tematem niniejszego wystąpienia jest charakterystyka obecnie stosowanych rodzajów implantów w chirurgii rekonstrukcyjnej z uwzględnieniem różnic, które można zaobserwować między nimi na przestrzeni lat. Tematem przewodnim są implanty piersi oraz koncepcje i metody wykorzystania najnowszych technologii do wytwarzania konstrukcji wytrzymałych i niezawodnych w środowisku organizmu człowieka.

Piśmiennictwo

[1] Mazurek, JM., Krajewski, A., Młyńska-Krajewska, E., Knakiewicz, M., Piorun, K., Markowska, M., Kaczyńska, K., Pęknięcia implantów piersi – krótki przegląd literatury i opis przypadków klinicznych, *Chirurgia Plastyczna i Oparzenia* 6(2) (2018) 51–55.

POLIURETANY JAKO UNIWERSALNE MATERIAŁY IMPLANTACYJNE – FUNKCJONALIZACJA W KIERUNKU BIOZGODNOŚCI I KONTROLOWANEGO UWALNIANIA LEKÓW

Paulina Chytrosz^{1*}, Monika Gołda-Cępa¹, Jakub Rysz², Andrzej Kotarba¹

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

* e-mail: paulina.chytrosz@doctoral.uj.edu.pl

Słowa kluczowe: poliuretan, modyfikacja plazmą tlenową, stent przelyku

Membrany poliuretanowe stentów przelykowych, które zapobiegają przerostowi guza, powinny być stabilne i zapewniać niezawodne wsparcie przeciw dysfagii, jednakże przy długotrwałym stosowaniu obserwuje się znaczną utratę biostabilności [1]. Obecnie trwają prace nad opracowaniem protez przelyku nowej generacji, które efektywnie zmniejszą ryzyko występowania powikłań po-operacyjnych. W tym kontekście niezbędna jest odmienna funkcjonalizacja poliuretanu od wewnętrznej i zewnętrznej strony stentu: strona zewnętrzna, pozostająca w kontakcie z komórkami, powinna być wysoce biozgodna, wspomagająca prawidłowy wzrost komórek nabłonka przelyku; natomiast, strona wewnętrzna stentu powinna wykazywać właściwości antyadhezyjne. Podwójną funkcjonalizację można uzyskać poprzez zastosowanie modyfikacji plazmą wprowadzając powierzchniowe grupy funkcyjne z jednoczesną kontrolą ich stężenia powierzchniowego.

W badaniach wykorzystano komercyjnie dostępny poliuretan na bazie polieteru do zastosowań medycznych (American Polyfilm, Inc). Grupy tlenowe wprowadzono przy użyciu generatora plazmy firmy Diener electronic Femto, testowano różne parametry modyfikacji (ciśnienie tlenu w komorze, moc generatora, czas modyfikacji). Badane materiały dokładnie scharakteryzowano (kąąt zwilżania, XPS, SIMS, TG/DTA, SEM).

Wykazano brak zmian strukturalnych pod wpływem działania plazmy, natomiast silną zmianę właściwości powierzchni wpływającą na biozgodność badanego polimeru (np. znacząca zmiana zwilżalności). Niezmodyfikowany materiał jest hydrofobowy ($\Theta_{H_2O} = 105^\circ \pm 3^\circ$), a powierzchnia całkowicie hydrofilowa uzyskuje się przy $p_{O_2} = 0,14$ mbar i $t = 4$ min. Stwierdzono, że najistotniejszym parametrem kontrolującym stopień modyfikacji powierzchni poliuretanu jest ciśnienie tlenu w komorze generatora.

Następnym etapem badań jest wprowadzenie hydrofobowości po wewnętrznej stronie stentu, co wymaga wprowadzenia innego rodzaju grup funkcyjnych (np. -F). Uzyskane wyniki dostarczają przesłanek, które parametry działania plazmy należy zoptymalizować, aby uzyskać pożądaný efekt.

Podziękowania: Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2019/35/D/ST5/03107 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Piśmiennictwo

[1] Chytrosz, P., Gołda-Cępa, M., Włodarczyk, J., Kuzdzal, J., Characterization of Partially Covered Self-Expandable Metallic Stents for Esophageal Cancer Treatment: In Vivo Degradation, ACS Biomater. Sci. Eng. 7(4) (2021) 1403–1413.

UWALNIANIE LEKÓW Z POWIERZCHNI IMPLANTÓW TYTANOWYCH

Mariusz Sandomierski*, Monika Zielińska, Adam Voelkel

Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, ul. Berdychowo 4,
60-965 Poznań

* e-mail: mariusz.sandomierski@put.poznan.pl

Słowa kluczowe: stopy tytanowe, osteoporoza, bisfosfoniary, uwalnianie leków

Bisfosfoniary to leki stosowane w leczeniu osteoporozy [1]. Są one najczęściej przyjmowane w postaci tabletek raz dziennie, co tydzień lub co miesiąc, w zależności od zawartości leku. Mniej powszechnymi metodami są zastrzyki i aplikacje donosowe lub przezskórne. Niestety, każda z tych metod dostarczania ma wady. Kiedy lek jest dostarczany w postaci tabletek, tylko niewielka część leku (1-5%) trafia do układu krążenia. Tak niska skuteczność wynika z obecności grup fosforanowych, które z trudem pokonują warstwę lipidową błon komórkowych [2]. Drugi problem to występujące skutki uboczne. Najczęstsze to: zgaga, nudności, podrażnienie przełyku i wrzody żołądka. Po podaniu dożylnym skutkami ubocznymi są gorączka i objawy grypopodobne, podczas gdy podanie przezskórne powoduje miejscową toksyczność [3]. Z uwagi na wszystkie te niedogodności należy poszukiwać lepszych metod dostarczania tego typu leków. Utrata masy kostnej początkowo przebiega bezobjawowo, dlatego osteoporoza jest często rozpoznawana zbyt późno i konieczna jest wymiana fragmentu kości [4]. Z tego powodu sensowne jest zastosowanie implantu (np. tytanowego) zawierającego w swojej strukturze lek, który byłby uwalniany pod wpływem płynów ustrojowych.

Podczas badań uzyskano warstwę zeolitu lub tytanianu na powierzchni stopu Ti6Al4V i zastosowano ją jako nośnik leku na osteoporozę. Lek był uwalniany z powierzchni stopu pod wpływem płynów ustrojowych. Dla badanych materiałów zbadano pojemność sorpcyjną i szybkość uwalniania leku.

Piśmiennictwo

[1] Sandomierski, M., Zielińska, M., Voelkel, A., Calcium zeolites as intelligent carriers in controlled release of bisphosphonates, *Int. J. Pharm.* 578 (2020) 1191171-1191179.

[2] Bartl, R., Frisch, B., von Tresckow, E., Bartl, C., *Bisphosphonates in medical practice: Actions-Side effects-Indications - Strategies*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

[3] Giger, EV., Castagner, B., Leroux, JC., *Biomedical applications of bisphosphonates*, *J. Control. Release* 167 (2013) 175–188.

[4] Fini, M., Giavaresi, G., Torricelli, P., Borsari, V., Giardino, R., Nicolini, A., Carpi, A., *Osteoporosis and biomaterial osteointegration*, *Biomed. Pharmacother.* 58 (2004) 487–493.

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE I MECHANICZNE BIONANOCELULOZY PO JEJ MODYFIKACJI

Alicja Stanisławska^{1*}, Hanna Staroszczyk², Marek Szkodo¹

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut
Technologii Maszyn i Materiałów, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Politechnika Gdańska, Wydział Chemii, Katedra Chemii i Technologii Żywności,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

* e-mail: alicja.stanislawski@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: bionanoceluloza, właściwości fizykochemiczne, właściwości mechaniczne

Bionanoceluloza (BNC) jest to materiał pochodzenia naturalnego, który w naturze jest syntezowany przez bakterie. W łatwy sposób otrzymać go również można na drodze hodowli bakteryjnej w bioreaktorze. Wytworzona błona celulozowa charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami. Jest wyjątkowo czysta chemicznie, charakteryzuje się wysoką biokompatybilnością, jest atrombogenna, hipoalergiczna i nietoksyczna, co stwarza duże możliwości zastosowania jej w medycynie np. na implanty naczyń krwionośnych czy sztuczne zastawki serca [1].

Celem pracy było określenie wpływu sposobu modyfikacji BNC do przeznaczenia medycznego na jej właściwości mechaniczne i fizykochemiczne. Badaniom poddano błony BNC modyfikowane fizycznie za pomocą suszenia konwekcyjnego w temperaturach: 20, 105°C oraz za pomocą suszenia sublimacyjnego. Wysuszone błony zostały następnie moczone w wodzie destylowanej w temperaturze pokojowej w czasie 2 godzin. Dla wszystkich modyfikacji określono wytrzymałość na rozciąganie (R_m) oraz wydłużenie względne przy zerwaniu (A). Natywna BNC charakteryzowała się $R_m = 2$ MPa, a po modyfikacji najwyższe wartości R_m i A (wydłużenie względne przy zerwaniu) uzyskano dla BNC suszonej konwekcyjnie w temperaturze 20°C i które wynosiły odpowiednio: 17,4 MPa i 11,04%. BNC modyfikowaną fizycznie poddano też rentgenowskiej analizie dyfrakcyjnej (XRD), analizie termogravimetrycznej (TGA), skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) oraz skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Otrzymane wyniki pozwoliły na poznanie mechanizmów umocnienia materiału pod wpływem zastosowanej modyfikacji.

Piśmiennictwo

[1] Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindstrom, T., Ankerfors, M., Gray, D., Dorris, A., Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials, *Angew. Chem. Int. Ed.* 50 (2011) 5438 – 5466.

MODYFIKACJA POWIERZCHNI MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH W KIERUNKU ZAPOBIEGANIA INFEKCIOM BAKTERYJNYM

Wojciech Pajerski^{1*}, Joanna Duch^{1,2}, Monika Gołda-Cępa¹, Dorota Ochońska³, Monika Brzychczy-Włoch³, Andrzej Kotarba¹

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

² Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk

³ Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Wydział Lekarski,
ul. św. Anny 12, 31-008 Kraków

* e-mail: pajerski@chemia.uj.edu.pl

Słowa kluczowe: materiały węglowe, modyfikacja powierzchni, plazma tlenowa, infekcje bakteryjne

Materiały węglowe zyskują coraz większą popularność w medycynie regeneracyjnej, dzięki swoim właściwościom (przewodnictwo elektryczne, wysoka powierzchnia właściwa, wytrzymałość mechaniczna, podatność na modyfikację ich powierzchni) [1]. Ze względu na szeroki zakres zastosowań biomateriałów węglowych (med. regeneracyjna, inżynieria tkankowa, terapia fototermalna), istnieje ogromna potrzeba badań nad ich oddziaływaniem z mikroorganizmami [2]. Podyktowane jest to okołoimpantacyjnym ryzykiem infekcji bakteryjnych, prowadzących do powikłań pooperacyjnych i zwiększonej śmiertelności pacjentów.

Zbadano wpływ funkcjonalizacji powierzchni papieru grafenowego (wprowadzanie tlenowych grup funkcyjnych) na zmiany właściwości elektrodonorowych (pomiar pracy wyjścia: WF), zwilżalności i adhezji typowych bakterii patogennych (*P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus*, *S. epidermidis*). Celem ustalenia wpływu modyfikacji na zmiany struktury, badane materiały dokładnie scharakteryzowano (RS, TG/DTA, XPS, SEM).

Kontrolowaną modyfikację powierzchni papieru grafenowego przeprowadzono z wykorzystaniem niskotemperaturowej plazmy tlenowej, bez naruszenia struktury materiału. Ustalono naturę chemiczną grup funkcyjnych (-OH, -COOH) oraz ich stężenie powierzchniowe (1014 cm²). Wprowadzenie tlenowych grup funkcyjnych (zmiana składu chemicznego, właściwości elektronowych, zwilżalności i swobodnej energii powierzchniowej), znacząco wpływa na adhezję bakterii: wyższe wartości pracy wyjścia (6.0 eV) sprzyjają kolonizacji powierzchni. Dodatkowo, bakterie o najniższej wartości zeta potencjału (*E. coli*) najgorzej zasiedlają powierzchnię. Do opisu oddziaływań na granicy bakteria-powierzchnia wykorzystano model DLVO.

Uzyskane wyniki wskazują efektywną strategię minimalizacji ryzyka infekcji bakteryjnych poprzez obniżanie wartości pracy wyjścia powierzchni węglowych materiałów implantacyjnych.

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2020/37/B/ST5/03451 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki. W. Pajerski dziękuje za stypendium naukowe w ramach projektu numer POWR.03.02.00-00-I013/16.

Piśmiennictwo

[1] Duch, J., Kubisiak, P., Adolfsson, K., Hakkarainen, M., Gołda-Cępa, M., Kotarba, A., Work function modifications of graphite surface via oxygen plasma treatment, *Appl Surf Sci.* 419 (2017) 439-446.

[2] Pajerski, W., Duch, J., Ochońska, D., Gołda-Cępa, M., Brzychczy-Włoch, M., Kotarba, A., Bacterial attachment to oxygen-functionalized graphenic surfaces, *Mater. Sci. Eng C* 113 (2020) 110972.

FUNKCJONALIZACJA POWIERZCHNI IMPLANTÓW TYTANOWYCH DLA ZWIERZĄT

**Alicja Kazek-Kęsik^{1*}, Katarzyna Leśniak-Ziółkowska¹, Monika Śmiga-Matuszowicz²,
Katarzyna Reczyńska³, Elżbieta Pamuła³, Wojciech Simka¹**

¹ Politechnika Śląska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, ul. B. Krzywoustego 6, 44-100 Gliwice

² Politechnika Śląska, Wydział Chemiczny, Katedra Fizykochemii i Technologii Polimerów, ul. M. Strzody 9, 44-100 Gliwice

³ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* e-mail: alicja.kazek-kesik@polsl.pl

Słowa kluczowe: *implanty tytanowe, bioaktywność, powłoki antybakteryjne, utlenianie anodowe*

Implanty tytanowe stosowane są w weterynarii również jako implanty długoterminowe. W celu przyspieszenia procesu integracji implantu z tkanką kostną prowadzone są prace nad funkcjonalizacją ich powierzchni. Plazmowe utlenianie elektrochemiczne jest stosowane aby na powierzchni implantów tytanowych utworzyć porowatą warstwę tlenkową. Podczas procesu utleniania, w warstwę tlenkową mogą zostać wbudowane związki wapnia, fosforu lub krzemu, zwiększając bioaktywność powierzchni implantu. Właściwości bakteriostatyczne implantu są istotne dla zwierząt, którym nie raz trudno jest podać przez właścicieli wymagany po operacji wszczepiania implantu antybiotyk. Powierzchnia utlenionego implantu tytanowego może zostać pokryta szybko degradującym polimerem, takim jak poli(bezwodnik adypinowy) wraz z antybiotykiem na przykład amoksycyliną czy cefazolinem. Niewielka zawartość antybiotyku w polimerze powoduje, że powierzchnia implantu jest bakteriostatyczna, a lek uwalniany jest z powłoki w stosunkowo krótkim czasie, (od 2 do 4 dni), w zakresie stężeń od 30-90 µg/mL [1]. Prowadzone prace, obejmują zastosowanie procesu plazmowego utleniania anodowego w celu utworzenia bioaktywnej, warstwy ceramicznej. Następnie na powierzchnie implantu nanoszony jest polimer z wybranym lekiem, stosując technikę zanurzeniową. Stężenie uwalnianego leku do symulowanego roztworu fizjologicznego oznaczane jest techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej. Zmodyfikowane powierzchniowo implanty tytanowe charakteryzowane są pod względem ich właściwości fizykochemicznych oraz cytotoxiczności z komórkami osteoblasto-podobnymi linii MG-63. Przeprowadzone zostały badania mikrobiologiczne, potwierdzające bakteriostatyczność utworzonych warstw tlenkowo-polimerowych. Otrzymane wyniki badań potwierdzają, że warunki powierzchniowej modyfikacji implantów tytanowych dla zwierząt (implantu dentystycznego czy klinu kostnego) powinny być dobierane indywidualnie. Korzystne jest zastosowanie szybko degradujących polimerów, w celu naniesienia na powierzchnię implantu antybiotyku w stabilnej chemicznie formie.

Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER XI, numer projektu LIDER/12/0048/L-11/19/NCBR/2020).

Piśmiennictwo

[1] Leśniak-Ziółkowska, K., Śmiga-Matuszowicz, M., Blacha-Grzechnik, A., Student, S., Brzychczy-Włoch, M., Krok-Borkowicz, M., Pamuła, E., Simka, W., Kazek-Kęsik, A., Antibacterial and cytocompatible coatings based on poly(adipic anhydride) for a Ti alloy surface, *Bioact. Mater.* 5 (2020) 709-720.

CHARAKTERYSTYKA INTELIGENTNYCH, CZUŁYCH NA ZMIANĘ pH, POWŁOK KOMPOZYTOWYCH NA IMPLANTY

Michał Bartmański

Politechnika Gdańska, Wydział inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
* e-mail: michal.bartmanski@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: powłoki inteligentne, nanohydroksyapatyt, skaningowa mikroskopia elektronowa, tytan

W celu polepszenia integracji powierzchni implantu i tkanki stosuje się aktualnie rozmaite metody modyfikacji powierzchni, głównie osadzanie powłok ceramicznych (np. na bazie hydroksyapatytu) oraz wytwarzanie warstwy nanorurkowej TiO_2 . Dodatkowo, aby zapewnić właściwości antybakteryjne, stosuje się substancje o właściwościach biobójczych, najczęściej srebro lub złoto [1]. W badaniach zaproponowano wytworzenie powłoki z chitozanu, biopolimeru czułego na zmianę pH, domieszkowanego nanohydroksyapatytem (nanoHAp) i metalicznymi nanocząstkami. Zwiększona rozpuszczalność chitozanu powodować będzie szybsze uwalnianie substancji biologicznie aktywnych jedynie w stanie stanu zapalnego i wolne lub brak uwalniania w przypadku jego niewystępowania w tkankach otaczających implant [2].

Powierzchnię stopu $Ti_{13}Zr_{13}Nb$ poddano procesowi utleniania elektrolitycznego w celu wytworzenia nanorurkowej warstwy ditlenku tytanu TiO_2 . Następnie na powierzchni utlenionego stopu osadzono metodą elektroforetyczną powłoki chitozanowe domieszkowane nanoHAp oraz nanocząstkami cynku lub złota. Zmiennymi parametrami osadzania były: napięcie, zawartość proszku nanohydroksyapatytu oraz zawartość nanocząstek metalicznych. Po osadzeniu powłoki przemyto wodą destylowaną oraz wysuszono. W celu określenia mikrostruktury wykorzystano skaningową mikroskopię elektronową (SEM). Skład chemiczny oceniono spektroskopią z dyspersją energii (EDS).

Przeprowadzone badania udowodniły, iż możliwe jest wytworzenie, metodą elektrochemicznego utleniania, nanorurkowej warstwy TiO_2 na powierzchni stopu $Ti_{13}Zr_{13}Nb$ oraz uzyskanie w jednym procesie elektroforetycznego osadzania powłoki na bazie chitozanu zawierającej nanoHAp i nanocząstki metaliczne: złoto lub cynk. Analiza mikrostrukturalna wykazała, iż wraz ze wzrostem napięcia prądu podczas osadzania wzrastała homogeniczność uzyskanych powłok.

Piśmiennictwo

- [1] Chouirfa, H., Bouloussa, H., Migonney, V., Falentin-Daudré, C., Review of titanium surface modification techniques and coatings for antibacterial applications, *Acta Biomater.* 83 (2019) 37–54.
- [2] Bartmański, M., Pawłowski, Ł., Zieliński, A., Mielewczyk-Gryń, A., Strugała, G., Cieslik, B. Electrophoretic deposition and characteristics of chitosan / nanosilver composite coatings on the nanotubular TiO_2 layer, *Coatings* 245(10) (2020).

ZASTOSOWANIE DRUKU 3D I WYSOKONAPIĘCIOWEGO UTLENIANIA ANODOWEGO W CELU NADANIA BIOAKTYWNOŚCI I POPRAWY WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH IMPLANTÓW TYTANOWYCH

**Magda Dziaduszewska^{1*}, Masaya Shimabukuro², Tomasz Seramak¹,
Andrzej Zieliński¹, Takao Hanawa³**

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Kyushu University, 3-1-1 Maidashi, Higashi-ku, Fukuoka 812-8582, Japan

³ Tokyo Medical and Dental University, 2-3-10 Kanda-surugadai,
Chiyoda-ku, Tokyo 101-0062, Japan

* e-mail: magda.dziaduszewska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: *micro-arc oxidation, selektywne topienie laserowe, implanty tytanowe, bioaktywność, właściwości mechaniczne*

Jednym z kierunków poprawy właściwości mechanicznych tytanowych implantów jest zastosowanie stopów tytanu typu β , znanych jako metale bioinertne o niskim module sprężystości. Wraz z selektywnym topieniem laserowym (SLM), jako jedną z bardziej perspektywicznych metod wytwarzania złożonej i kontrolowanej architektury, możliwe jest uzyskanie preferowanych właściwości mechanicznych. Dodatkowo, modyfikacja powierzchni przy zastosowaniu wysokonapięciowego utleniania (MAO), umożliwia wytwarzanie gęstej warstwy tlenku silnie związanej z podłożem z wbudowanymi związkami zwiększającymi bioaktywność powierzchni implantu [1].

Głównym celem pracy było wytworzenie i charakterystyka anodowych warstw tlenku tytanu zawierających jony wapnia, fosforu i krzemu na stopie Ti13Zr13Nb wytworzonym metodą selektywnego topienia laserowego. Proces MAO przeprowadzono przy średnim napięciu 300 V, stałym natężeniu 32 mA w czasie 15 minut w roztworze elektrolitycznym zawierającym glicerofosforan wapnia i octan wapnia, z lub bez dodatku jonów krzemu. Zbadano mikrostrukturę, topografię, właściwości fizykochemiczne, bioaktywność oraz właściwości mechaniczne uzyskanych modyfikacji [2].

Na podstawie badań stwierdzono, że hierarchiczną makro / mikro-nanostrukturę / topografię zawierającą bioaktywne dodatki można łatwo uzyskać za pomocą połączenia strategii SLM – MAO, która może zapewnić lepsze właściwości mechaniczne i biologiczne tytanowych implantów.

Piśmiennictwo

[1] Dziaduszewska M., Zieliński A.: Structural and Material Determinants Influencing the Behavior of Porous Ti and Its Alloys Made by Additive Manufacturing Techniques for Biomedical Applications, *Materials* 14(4) (2021) 712.

[2] Dziaduszewska M., Shimabukuro M., Seramak T., Zieliński A., Hanawa T.: Effects of Micro-Arc Oxidation Process Parameters on Characteristics of Calcium-Phosphate Containing Oxide Layers on the Selective Laser Melted Ti13Zr13Nb Alloy, *Coatings* 10(8) (2020) 745.

ANALIZA CECH STEREOMETRYCZNYCH POWIERZCHNI POWŁÓK POROWATYCH W DOMENIE PARAMETRÓW ICH WYTWARZANIA

Monika Szymańska*, Krzysztof Rokosz, Filip Szafraniec, Wojciech Kacalak

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Systemów Technicznych
i Informatycznych, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin
* e-mail: monika.szymanska@s.tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: PEO, powłoki porowate, tytan, chropowatość, SGP

Powłoki porowate na tytanie można uzyskać stosując metodę PEO [1]. W zależności od zastosowanych parametrów procesu (czasu, napięcia, składu elektrolitu) otrzymuje się powłoki różniące się cechami stereometrycznymi [2]. Zmienność i złożoność struktury stereometrycznej porowatych powłok są czynnikami, które znacznie utrudniają ich ocenę [1,2]. Nie opracowano dotychczas zbioru komplementarnych parametrów, które umożliwiałyby w sposób jednoznaczny ocenę cech powierzchni powłok porowatych. Powiązanie wartości parametrów charakteryzujących strukturę geometryczną powierzchni z parametrami procesu ich wytwarzania stanowi jedno z najważniejszych zagadnień, które zostały opisane w tym referacie [3,4].

Piśmiennictwo

[1] Rokosz, K., Wytwarzanie i charakterystyka porowatych powłok otrzymanych na podłożu tytanowym metodą plazmowego utleniania elektrolitycznego, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2019.

[2] Dudek, Ł., Wytwarzanie i charakterystyka porowatych powłok zawierających miedź na podłożu tytanowym, z wykorzystaniem plazmowego utleniania elektrolitycznego, Praca Doktorska, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska, Koszalin 2018.

[3] Wieczorowski, M., Teoretyczne podstawy przestrzennej analizy nierówności powierzchni, Inżynieria Maszyn 18(3) (2013) 7–34.

[4] Wieczorowski, M., Wykorzystanie analizy topograficznej w pomiarach nierówności powierzchni, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009.

HYDROŻELE NA BAZIE IZOLATU BIAŁEK SERWATKOWYCH O WŁAŚCIWOŚCIACH ANTYBAKTERYJNYCH DEDYKOWANE DO REGENERACJI TKANKI KOSTNEJ

Varvara Platania^{1,2}, Mikhajlo K. Zubko³, Danny Ward⁴, Krzysztof Pietryga⁵, Maria Chatzinikolaidou^{1,2}, Timothy E.L. Douglas^{6,7*}

¹ University of Crete, Dept. of Materials Science and Technology, Vassilika Voutes
GR-700 13 Heraklion, Greece

² Foundation for Research and Technology Hellas (FORTH) - Institute of Electronic Structure
and Laser (IESL), GR-711 10 Heraklion, Greece

³ Manchester Metropolitan University (MMU), Centre for Bioscience, Manchester
M15 6BH, United Kingdom

⁴ Lancaster University, Dept. of Biological and Life Sciences (BLS), Lancaster, LA1 4YG,
United Kingdom

⁵ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra
Biomateriałów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

⁶ Lancaster University, Engineering Dept., Lancaster, LA1 4YG, United Kingdom

⁷ Materials Science Institute (MSI), Lancaster University, Lancaster, LA1 4YW
United Kingdom

* e-mail: t.douglas@lancaster.ac.uk

Słowa kluczowe: hydrożele, właściwości przeciwbakteryjne, związek fenolowy, inżynieria tkanki kostnej

Izolot białka serwatkowego (eng. *whey protein isolate*; WPI) jest produktem ubocznym przemysłu mleczarskiego, z którego można wytworzyć hydrożele do zastosowań w inżynierii tkanki kostnej. Tego rodzaju materiały mają korzystne właściwości takie jak zdolność adhezji, wspieranie wzrostu komórek, możliwość sterylizacji w autoklawie czy łatwość umieszczenia wewnątrz matrycy różnych związków nierozpuszczalnych w wodzie o właściwościach antybakteryjnych, jak na przykład floroglucynol (eng. *phloroglucinol*; PG). PG należy do grupy polifenolów, które naturalnie występują w wodorostach morskich [1].

W pracy zbadano hydrożele z WPI zawierające PG o stężeniach między 0% i 20% oraz oceniano ich właściwości przeciwbakteryjne. Warto dodać, że rozpuszczalność PG-a w hydrożelach jest zdecydowanie wyższa niż w wodzie. Wzbogacenie hydrożeli PG-em pozwoliło na uzyskanie aktywności antybakteryjnej przeciw różnym szczepom bakterii, powodującym tzw. zakażenia szpitalne. Hydrożele z WPI zawierające PG sprzyjały namnażaniu komórek macierzystych miazgi zębowej DPSC i komórek osteoblastycznych MG-63 oraz wytwarzaniu kolagenu. Wzbogacenie hydrożeli z WPI PG-em okazało się strategią obiecującą, która pozwala na zapobieganie infekcjom oraz poprawia odpowiedź komórkową.

Piśmiennictwo

[1] Dziadek, M., Kudlackova, R., Zima, A., Slosarczyk, A., Ziabka, M., Jelen, P., Shkarina, S., Cecilia, A., Zuber, M., Baumbach, T., Surmeneva, MA., Surmenev, RA., Bacakova, L., Cholewa-Kowalska, K., Douglas, TEL., Novel multicomponent organic-inorganic WPI/gelatin/CaP hydrogel composites for bone tissue engineering. J. Biomed. Mater. Res. A. 107 (2019) 2479-2491.

E-POSTER 1) WPŁYW ŚRODOWISKA WODY BASENOWEJ NA ODPORNOŚĆ KOROZYJNĄ STALI AUSTENITYCZNEJ AISI 316L

Paulina Adamczyk¹, Małgorzata Rutkowska-Gorczyca^{2*}, Dominka Grygier²

¹ Politechnika Wrocławska, Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa im. R. Haimanna,
ul. Smoluchowskiego 25, Wrocław 50-370

² Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, ul. Smoluchowskiego 25,
Wrocław 50-370

* e-mail: małgorzata.rutkowska-gorczyca@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: stal austenityczna, środowisko korozyjne

Stal kwasoodporna AISI 316L z powodu wysokiej odporności na korozję jest materiałem stosowanym w medycynie m.in. do wytwarzania ortez i elementów aparatów ortodontycznych [1,2].

Celem przedstawionej pracy była ocena wpływu środowiska wody basenowej na odporność korozyjną stali AISI 316L. Próbki stali umieszczono w roztworze odwzorowującym skład wody w basenie, który uzyskano poprzez rozpuszczenie w 1 dm³ wody wodociągowej 15 mg mocznika oraz 0,025 cm³ 15% roztworu NaClO. Stałą temperaturę wody i otoczenia, wynoszącą 32°C, zapewniono poprzez umieszczenie próbek w komorze klimatycznej. Po 40 dniach trwania eksperymentu zarejestrowano produkty korozji występujące na stali.

W celu określenia charakteru zmian na powierzchni stali przeprowadzono badania z zastosowaniem metod skaningowej mikroskopii elektronowej (Phenom G2).

Zaobserwowano wystąpienie wżerów o charakterze korozyjnym w materiale stalowym. Eksperyment wykazał podatność stali AISI 316L na negatywne działanie związków chloru. Z tego powodu konieczne może być wybranie innego materiału do produkcji ortez i aparatów ortodontycznych w przypadku pacjentów korzystających regularnie z basenów.

Piśmiennictwo

[1] Blicharski, M., Inżynieria materiałowa. Stal, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004

[2] Chen, QZ., Thouas, GA., Metallic implant biomaterials, Mater. Sci. Eng. R Rep. 16 (2015) 1-57.

E-POSTER 2) POWIERZCHNIOWA FUZJA NANOCZĄSTEK ZŁOTA Z POLIMEREM PEEK W ZASTOSOWANIACH SERCOWO-NACZYNIOWYCH

Oktawian Białas*, Marcin Adamiak

Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Laboratorium Badania
Materiałów, ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice

* e-mail: oktawian.bialas@polsl.pl

Słowa kluczowe: obróbka laserowa, nanocząstki złota, Top-Down Au, wtapianie laserowe

Celem niniejszej pracy jest analiza możliwości uzyskania powierzchniowego wtopienia nanocząstek złota w matrycę polieteroeteroketonu PEEK za pomocą pikosekundowej mikroobróbki laserowej. Określono oddziaływanie wiązki lasera na materię oraz zbadano możliwość redukcji rozmiaru [1] i wtopienia cząstek metalicznych w jej powierzchnię. Niewielkie, dobrze zdyspersowane cząstki złota obecne na powierzchniach kontaktu materiału z płynami ustrojowymi mogą obniżyć ryzyko wystąpienia bakteryjnych odczynów zapalnych, pozwolić na kontrolowanie stopnia degradacji polimeru wraz z ilościowym obniżeniem liczebności cząstek w funkcji czasu, ale przede wszystkim, obecność cząstek metalicznych pozwoli na ujawnienie i precyzyjne określenie pozycji wszczepionego urządzenia w obrazowaniu sprzętem rentgenowskim [2].

Materiałem użytym do badań były plastry $\varnothing 32$ tworzywa PEEK na które napyłona została warstwa 99,99% Au przy pomocy technik osadzania z fazy gazowej. Materiał został poddany mikroobróbce za pomocą systemu laserowego Oxford lasers, A-355 w celu redukcji cząstek złota i uzyskania efektu fuzji z polimerem. Podczas badań przeprowadzono analizę materiału, w tym zależność mocy od głębokości z użyciem technik mikroskopii konfokalnej. Ocenę redukcji wielkości cząstek złota przeprowadzono za pomocą mikroskopii skaningowej SEM (SE i QBSD) oraz przy pomocy analizy spektroskopowej EDS. Widoczność utworzonej powłoki zweryfikowano za pomocą obrazowania rentgenowskiego przy użyciu konwencjonalnie stosowanego w praktyce medycznej urządzenia.

Pilotażowe próby redukcji rozmiaru osadzonej powłoki złota do nanocząstek oraz wtopienia ich w matrycę polimeru zostały zakończone sukcesem. W pracy zaprezentowano analizę statystyczną rozkładu cząstek w obrazach mikroskopowych. Osadzona powłoka jest zauważalna przez detektory promieniowania rentgenowskiego używane w szpitalach.

Dotychczasowe wyniki badań pozwalają stwierdzić, że: fuzja Au NPs wewnątrz matrycy PEEK jest możliwa przy każdej użytej w eksperymencie mocy lasera 355 nm; moc lasera ma wpływ na skuteczność redukcji wielkości cząstek podczas procesu. Im mniejsza moc, tym mniejsze cząstki są obserwowane. Powierzchnia napyłonej warstwy jest widoczna, co pozwala pozytywnie ocenić potencjał zainicjowanych badań.

Piśmiennictwo

- [1] Pyatenko, A.; Yamaguchi, M.; Suzuki, M., Mechanisms of Size Reduction of Colloidal Silver and Gold Nanoparticles Irradiated by Nd:YAG Laser. J. Phys. Chem. C. 113 (2009) 9078–9085.
- [2] Mescola, A.; Canale, C.; Fragouli, D.; Athanassiou, A., Controlled Formation of Gold Nanostructures on Biopolymer Films upon Electromagnetic Radiation. Nanotechnology 28 (2017) 415601.

E-POSTER 3) MIKROSTRUKTURA STABILIZOWANYCH POROWATYCH KOMPOZYTÓW CHITOZAN/BIOSZKŁO

Monika Biernat^{1*}, Anna Woźniak¹, Paulina Tymowicz-Grzyb¹, Jakub Jaroszewicz², Lidia Ciołek¹, Zbigniew Jaegermann¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Ceramiki i Betonów w Warszawie, ul. Cementowa 8, 31-983, Kraków

² Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

* e-mail: monika.biernat@icimb.lukasiewicz.gov.pl

Słowa kluczowe: mikrostruktura, porowatość, biokompozyty, stabilizacja pianek chitozanowych

Materiały implantacyjne dla inżynierii tkankowej oparte są najczęściej o trójwymiarowe porowate rusztowania, zapewniające podparcie mechaniczne i przestrzeń do migracji i proliferacji komórek [1]. Największe znaczenie odgrywają pory otwarte, które ułatwiają dyfuzję składników odżywczych i metabolitów i zapewniają dobre dotlenienie komórek sprzyjając wzrostowi tkanki kostnej i tworzeniu nowych naczyń krwionośnych. Poza porowatością ważną rolę odgrywa też geometria i wielkość porów oraz wielkość powierzchni właściwej [2].

Celem pracy było przeprowadzenie analizy mikrostrukturalnej biokompozytów porowatych chitozan/bioszko otrzymanych drogą liofilizacji z przeznaczeniem jako materiały do odbudowy tkanki kostnej. Analizę przeprowadzono z zastosowaniem metody mikroskopowej SEM, mikroCT oraz metody BET. W czasie badań przeprowadzono obrazowanie 2D i 3D otrzymanych biokompozytów i wyznaczono średnie wielkości porów i grubości ścianek między porami. Określono również porowatość całkowitą, otwartą i zamkniętą, a także wyznaczono wielkość powierzchni właściwej biokompozytów. Wykazano, że mikrostruktura porowatych kompozytów chitozan/bioszko zależy od rodzaju polimeru i jego lepkości, rodzaju i ilości bioszka oraz sposobu stabilizacji. Wszystkie otrzymane kompozyty posiadają niemal wyłącznie pory otwarte ważne dla procesu osteointegracji, a średnia wielkość porów była większa niż 50 µm. Metoda stabilizacji struktury kompozytów ma wpływ na kształt i geometrię porów. Powierzchnia właściwa jest większa dla kompozytów z większym udziałem bioszka i dodatkowo rośnie dla kompozytów z bioszkiem o mniejszych rozmiarach ziaren.

Badania były realizowane w ramach projektu „Wielofunkcyjny materiał kompozytowy o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych i pro-regeneracyjnych do odbudowy tkanki kostnej” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (TECHMATSTRATEG2/406384/7/NCBR/2019).

Piśmiennictwo

[1] Kim, BS., Park, IK., Hoshiba, T., Jiang, HL., Choi, YJ., Akaike, T., Cho, CS., Design of artificial extracellular matrices for tissue engineering, Prog Polym Sci. 36 (2011) 238-268.

[2] Bose, S., Roy, M., Bandyopadhyay, A., Recent advances in bone tissue engineering scaffolds, Trends Biotechnol. 30(10) (2012) 546-554.

E-POSTER 4) INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCJI IMPLANTÓW STOSOWANYCH W CHIRURGII PLASTYCZNEJ I REKONSTRUKCYJNEJ

Magdalena Koperska^{1*}, Karolina Brzezińska¹, Anna Taratuta², Magdalena Antonowicz²

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wytwarzania, Studenckie Koło Naukowe SYNERGIA, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska

² Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wytwarzania, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska
* e-mail: magkop780@student.polsl.pl

Słowa kluczowe: *implanty piersi, silikon, mesh scaffold, chirurgia rekonstrukcyjna*

Chirurgia plastyczna i rekonstrukcyjna to niezwykle szeroka dziedzina obejmująca między innymi szereg zabiegów z zakresu medycyny estetycznej. Takim zabiegom poddają się osoby, które nieustannie dążą do osiągnięcia ideału, ale także jest to czasem jedyne możliwe rozwiązanie dla tych, którzy doznali uszczerbku w wyglądzie w wyniku nieszczęśliwego wypadku czy choroby. Do najczęściej przeprowadzanych zabiegów ulepszczeniowych należą powiększanie i rekonstrukcja piersi, a także uzupełnianie implantami ubytków twarzy, łydki i jąder [1]. W przypadku części z nich wykorzystuje się powszechnie znane metody przeprowadzania zabiegów, które wymagają zastosowania implantów wykonanych ze sprawdzonych biomateriałów. Długoletnie badania oraz użytkowanie wspomnianych implantów pokazują jednak, że ich własności nie są idealne i może dochodzić do różnego rodzaju powikłań wynikających z obecności wszczepu w organizmie czy uszkodzeń.

Tematem niniejszego wystąpienia jest charakterystyka obecnie stosowanych rodzajów implantów w chirurgii rekonstrukcyjnej z uwzględnieniem różnic, które można zaobserwować między nimi na przestrzeni lat. Tematem przewodnim są implanty piersi oraz koncepcje i metody wykorzystania najnowszych technologii do wytwarzania konstrukcji wytrzymałych i niezawodnych w środowisku organizmu człowieka.

Piśmiennictwo

[1] Mazurek, JM., Krajewski, A., Młyńska-Krajewska, E., Knakiewicz, M., Piorun, K., Markowska, M., Kaczyńska, K., Pęknięcia implantów piersi – krótki przegląd literatury i opis przypadków klinicznych, *Chirurgia Plastyczna i Oparzenia* 6(2) (2018) 51–55.

E-POSTER 5) OCENA MECHANIZMU ODRYWANIA SIĘ ZAMKÓW ORTODONTYCZNYCH OD POWIERZCHNI ZĘBÓW

Karolina Burzyńska^{1*}, Anna Nikodem¹, Jan Kiryk², Jacek Matys², Marzena Dominiak², Maciej Dobrzański³

¹ Politechnika Wroclawska, Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej, ul. Łukasiewicza 7/9, 50 371 Wrocław

² Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

³ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

* e-mail: karolina.burzynska@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: zamki ortodontyczne, laser Er:YAG, kondycjonowanie powierzchni, mikrotomografia

Odpowiednie przygotowanie powierzchni zęba przed odbudową pozwala na uzyskanie wysokiej adhezji materiałów odtwórczych do tkanek zęba. Badania dotyczące modyfikacji konwencjonalnych technik przygotowania powierzchni szkliwa mają na celu zwiększenie efektywności adhezji [1,2]. Celem niniejszych badań była ocena jakościowa i ilościowa połączeń zęb-klej-zamek ortodontyczny, przygotowywanych różnymi technikami kondycjonowania powierzchni szkliwa zęba (37% roztwór kwasu ortofosforowego, zastosowanie lasera Er:YAG).

Materiał badawczy stanowiły zdrowe zęby przedtrzonowe i trzonowe przechowywane w 1% roztworze tymolu w soli fizjologicznej. Badania jakościowe złącza przeprowadzono z użyciem mikrotomografu komputerowego Skyscan 1172, Bruker. W celu określenia siły wiązania i charakteru zniszczenia połączenia zęb-klej-zamek przeprowadzono pomiar naprężeń ścinających z użyciem maszyny MTS 858 MiniBionix®. Końcowym etapem badań był pomiar wartości parametrów opisujących chropowatość powierzchni szkliwa zęba, DIAVITE DH-5 (Hahn & Kolb, Germany). Badania przeprowadzono zgodnie ze zgodą wydaną przez Komisję Bioetyczną.

Wyniki badania wskazują, że zastosowanie lasera Er:YAG w połączeniu z konwencjonalnym wytrawianiem przyczynia się do poprawy adhezji materiałów kompozytowych do zęba ale prowadzi także do większych zmian struktury pryzmatycznej szkliwa.

Piśmiennictwo

[1] Ferrari, M., Mannocci, F., Vichi, A., Davidson, C.L., Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations, Am. J. Dent. 10(2) (1997) 66-70.

[2] Berk, N., Başaran, G., Ozer, T., Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes, Eur. J. Orthod. 30(2) (2008) 183-9.

E-POSTER 6) PRZECIWKAZRZEPOWE WARSTWY HYDROŻELI OPARTYCH NA NATURALNYCH POLIMERACH DO MODYFIKACJI FOLII POLIURETANOWYCH DO ZASTOSOWAŃ KARDIOLOGICZNYCH

Zuzanna Cemka*, Paweł Szarlej, Justyna Kucińska-Lipka

Politechnika Gdańska, Katedra Technologii Polimerów, ul. Gabriela Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk, Polska

* e-mail: zuzanna654@interia.pl

Słowa kluczowe: modyfikacja powierzchni folii poliuretanowej, hydrożele oparte na agarze i PVA, implant, balon wspierający pracę lewej komory serca, modyfikacja hydrożeli, kardiocirurgia

W pracy usieciowano tetraboranem sodu mieszaniny wodne zawierające agar i poli(alkohol winylowy) (PVA) w różnych stężeniach. Otrzymane hydrożele wykorzystano jako warstwy modyfikujące powierzchnię poliuretanowej folii, która mogłaby zostać wykorzystana w balonie wspierającym poprawną pracę lewej komory serca. Agar, PVA i tetraboran sodu są nietoksyczne i dopuszczone przez FDA do użycia w kontakcie z ludzkimi tkankami. Ponadto, agar, główny składnik, jest naturalnym biopolimerem [1]. Podczas syntezy, 50 g każdego hydrożelu zmodyfikowano z użyciem tej samej ilości, 0,4 g, kwasu acetylosalicylowego (ASA), który wykazuje w wysokich stężeniach własności przeciwzakrzepowe, co ma kluczowe znaczenie przy zastosowaniu w implantach i daje im lepszą hemokompatybilność. Folie poliuretanowe zmodyfikowano poprzez zanurzenie w 3% roztworze wodnym PVA, aby uzyskać spoiwo między folią a hydrożelem, a następnie połączono z próbkami nowo zsyntezowanych hydrożeli i osuszono.

Zbadano kinetykę pęcznienia otrzymanych hydrożeli w celu obliczenia pęcznienia równowagowego (W_{eq}) oraz stałej pęcznienia K , przy pomocy równań kinetycznych II rzędu [2]. Właściwości pęcznienia są bardzo istotnymi parametrami, ponieważ implant zostanie umieszczony w ograniczonej przestrzeni w środowisku wodnym. Gęstość usieciowania wyznaczono w celu analizy wpływu ASA na stopień usieciowania hydrożeli. Efekty modyfikacji powierzchni poliuretanów były satysfakcjonujące. Oba materiały przylegały do siebie, kiedy hydrożel był uwodniony. Otrzymane wyniki potwierdzają, że zsyntezowane hydrożele mogą być potencjalnie użyte w powłoce o właściwościach przeciwzakrzepowych, do zastosowań kardiologicznych.

Piśmiennictwo

[1] Kumar, A., Han, S.S., PVA-based hydrogels for tissue engineering: A review, *Int. J. Polym. Mater.* 66(4) (2017) 159-182.

[2] J. G. Lyons, L. M. Geever, M. J. D. Nugent, J. E. Kennedy, and C. L. Higginbotham, "Development and characterisation of an agar-polyvinyl alcohol blend hydrogel, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2(5) (2009) 485-493.

E-POSTER 7) ZWIĄZKI POLIFENOLOWE WYEKSTRAHOWANE Z SZAŁWII LEKARSKIEJ WPŁYWAJĄ NA BIOAKTYWNOŚĆ I DŁUGOTERMINOWĄ DEGRADACJĘ KOMPOZYTÓW POLIMEROWO-CERAMICZNYCH

Kamila Chęcińska^{1*}, Michał Dziadek^{1,2}, Kinga Dziadek³, Barbara Zagrajczuk¹, Aneta Kopec³, Katarzyna Cholewa-Kowalska¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

³ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

* e-mail: checinska@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: związki polifenolowe, polimery bioresorbowalne, bioaktywne szkło, nośniki leków

Pomimo dynamicznego rozwoju inżynierii tkankowej, regeneracja krytycznych ubytków kostnych nadal stanowi wyzwanie, między innymi z powodu infekcji okołowszczepowych, intensywnych i przewlekłych stanów zapalnych. W celu uzyskania materiałów o zmodyfikowanych i zupełnie nowych właściwościach biologicznych, tj. działaniu przeciwbakteryjnym lub przeciwzapalnym, kompozyty polimerowo-ceramiczne wzbogacono w związki polifenolowe (PPh) wyekstrahowane z szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.). Zbadano wpływ obecności związków polifenolowych materiałów na ich długoterminową degradację hydrolityczną w warunkach *in vitro*.

Metodą odlewania z roztworu wytworzono folie polimerowe (PCL, PLGA) oraz kompozyty modyfikowane szkłem bioaktywnym (BG). Materiały dodatkowo sfunkcjonalizowano związkami polifenolowymi (1 i 4,5% mas.). Jako fazę modyfikującą zastosowano cząsteczki BG wytworzone metodą zol-żel (d_{50} - 2 μm) o składzie (% mol) $40\text{SiO}_2\text{-}54\text{CaO} - 6\text{P}_2\text{O}_5$ (30% mas.). Podczas 12-miesięcznej inkubacji w PBS monitorowano właściwości termiczne (DSC) i mechaniczne, mikrostrukturę, skład chemiczny powierzchni (SEM/EDX, FTIR-ATR) oraz zmiany masy. Ponadto rejestrowano zmiany pH płynu inkubacyjnego.

Po 12 miesiącach inkubacji w PBS na powierzchni folii powstała warstwa fosforanowo-wapniowa. Powstawanie warstwy było modulowane dodatkiem PPh do kompozytów PCL (PCL/PPh) i PCL-BG (PCL-BG/PPh), a jej obecność spowolniła proces degradacji. Przejawiało się to wzrostem masy materiałów podczas inkubacji, a także zostało potwierdzone analizą SEM/EDX i FTIR-ATR. Zaobserwowano wzrost stopnia krystaliczności PCL w materiałach PCL/PPh i PCL-BG / PPh, korelujący z poprawą właściwości mechanicznych. Niemniej spadek pH płynu inkubacyjnego wskazuje, że ten sam dodatek PPh przyspiesza degradację folii na bazie PLGA (PLGA / PPh) i folii PLGA modyfikowanych BG (PLGA-BG/PPh).

Badania zostały realizowane w ramach projektu nr 2017/27/B/ST8/00195 (KCK) finansowanego przez Narodowe Centrum Nauk.

E-POSTER 8) MATERIAŁY HYDROŻELOWE ZMODYFIKOWANE NANOMATERIAŁAMI O POTENCJALE MEDYCZNYM

Anna Drabczyk*, Sonia Kudłacik-Kramarczyk, Magdalena Głąb, Bożena Tyliuszczak

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii
Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków
* e-mail: anna.drabczyk2@pk.edu.pl

Słowa kluczowe: hydrożele polimerowe, chitozan, nanocząstki metaliczne, fotopolimeryzacja, zdolności sorpcyjne

Hydrożele polimerowe należą do grupy materiałów cechujących się biokompatybilnością oraz biodegradowalnością. Ponadto, charakteryzują się dużymi zdolnościami sorpcyjnymi, które wyróżniają je na tle innych materiałów polimerowych, jak również łatwością modyfikacji za pomocą substancji pochodzenia syntetycznego bądź naturalnego. W ramach prowadzonych badań otrzymano hydrożele polimerowe na bazie chitozanu zmodyfikowane nanocząstkami metalicznymi. Materiały te otrzymano w wyniku procesu fotopolimeryzacji, po czym scharakteryzowano ich właściwości fizykochemiczne. Dowiedziono, że hydrożele wykazują zdolności sorpcyjne oraz są biokompatybilne względem symulowanych płynów ustrojowych. Otrzymane wyniki dowodzą, że badane materiały mogą być rozpatrywane do zastosowań biomedycznych z uwzględnieniem systemów kontrolowanego dostarczania substancji czynnej bądź jako innowacyjne opatrunki hydrożelowe.

Prace realizowane w ramach Koła Naukowego Materiałów Funkcjonalnych SMARTMAT PK (WIMiF PK).

Piśmiennictwo

- [1] Asadi, N., Pazoki-Toroudi, H., Bakhshyesh, A.R.D., Akbarzadeh, A., Davaran, S., Annabi, N., Multifunctional hydrogels for wound healing: Special focus on biomacromolecular based hydrogels, *Int. J. Biol. Macromol.* 170 (2021) 728-750.
- [2] Ng, J.Y., Obuobi, S., Chua, M.L., Zhang, C., Hong, S., Kumar, Y., Gokhale, R., Ee, P.L.R., Biomimicry of microbial polysaccharide hydrogels for tissue engineering and regenerative medicine – A review, *Carbohydr. Polym.* 241 (2020) 116345.

E-POSTER 9) FAILURE ANALYSIS OF ORTHOPEDIC IMPLANTS

Mateusz Kopec^{1,2*}, Ved P. Dubey¹, Adam Brodecki¹, Zbigniew Kowalewski¹

¹ Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences,
ul. Pawińskiego 5B, 02-106 Warsaw, Poland

² Department of Mechanical Engineering, Imperial College London, London SW7 2AZ,
United Kingdom

* e-mail: mkopec@ippt.pan.pl

Słowa kluczowe: *medical fixation devices, orthopedic implants, SEM, fracture analysis, titanium alloy, stainless steel*

Orthopedic implant failure is a complex issue with difficult management that requires a prompt investigation and prevention. Failure analysis is vital, as the examination of recovered fractured implants provides insight into implant failure processes and how to avoid such events. A fracture behavior of the following orthopedic implants, which were failed in the human body – locking plate (pure titanium), femoral implant (pure titanium), pelvic implant (Ti-6Al-4V alloy) and femoral implant (X2CrNiMo18 14-3 steel) - were studied using the light microscopic analysis combined with the scanning electron microscopy (SEM). The implants were found to be fractured primarily as a result of mechanical overloads caused by repeated, prohibited excessive loads. Production defects, presence of inclusions and excessive tight connections of screw and threaded holes were also contributing factors in implant failures. The implants were exposed to a variety of loading conditions, including excessive fatigue loads and additional interactions induced by screws placed in their threaded holes. The findings of this study lead to the conclusion, that often the designs of orthopedic implants currently applied are insufficient to transmit mechanical loads acting on them as the weight of treated patients is gradually increasing and also their physical activities are becoming more intensive.

E-POSTER 10) OCENA NANOWARSTW TYTANIANOWYCH W ODNIESIENIU DO ICH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH I BIOLOGICZNYCH

**Michalina Ehlert^{1,2*}, Aleksandra Radtke^{1,2}, Katarzyna Roszek³, Tomasz Jędrzejewski³,
Piotr Piszczek^{1,2}**

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej
i Koordynacyjnej, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

² Nano-implant sp. z o.o., ul. Gagarina 5/102, 87-100 Toruń

³ Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, Katedra
Biochemii, Katedra Immunologii, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

* e-mail: m.ehlert@doktorant.umk.pl

Słowa kluczowe: nanowarstwy tytanianowe, zdolność apatytotwórcza, aktywność biointegracyjna

Modyfikacja powierzchni podłoża tytanowych i jego stopów w celu poprawy ich właściwości osteointegracyjnych jest jednym z szeroko badanych zagadnień związanych z projektowaniem i produkcją nowoczesnych implantów ortopedycznych i dentystycznych.

Celem badań była modyfikacja powierzchni podłoża Ti6Al4V poprzez (a) obróbkę alkaliczną roztworem 7M NaOH oraz (b) wytworzenie powłoki porowatej (utlenianie anodowe z wykorzystaniem potencjału $U = 5V$) i obróbkę jej powierzchni w wyżej wymienionym roztworze alkalicznym. Porównaliśmy zdolność do tworzenia apatytu niezmodyfikowanego i zmodyfikowanego powierzchniowo stopu tytanu w symulowanym płynie ustrojowym (SBF) przez 1–4 tygodnie. Analiza dyfrakcji rentgenowskiej syntetyzowanych powłok pozwoliła na scharakteryzowanie ich struktury przed i po zanurzeniu w SBF. Otrzymane nanowarstwy badano za pomocą spektroskopii Ramana, spektroskopii z odbiciem rozproszonym w podczerwieni z transformacją Fouriera (DRIFT) i skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Analizę elementarną przeprowadzono za pomocą rentgenowskiej spektroskopii z dyspersją energii (SEM-EDX). Oceniono również zwilżalność i aktywność biointegracyjną (na podstawie stopnia integracji komórek osteoblastopodobnych MG-63, fibroblastów L929 i mezenchymalnych komórek macierzystych pochodzących z tkanki tłuszczowej hodowanych *in vitro* na powierzchni próbki).

Uzyskane wyniki dowiodły, że powierzchnie Ti6Al4V i Ti6Al4V pokryte nanoporowatą powłoką TiO₂, które zostały zmodyfikowane warstwami tytanianu, sprzyjają tworzeniu się apatytu w środowisku płynów ustrojowych i posiadają optymalne właściwości biointegracyjne dla komórek fibroblastów i osteoblastów.

Piśmiennictwo

[1] Ehlert, M., Radtke, A., Roszek, K., Jędrzejewski, T., Piszczek, P.: Assessment of Titanate Nanolayers in Terms of Their Physicochemical and Biological Properties. *Materials* 14 (2021) 80.

E-POSTER 11) POWŁOKI KOMPOZYTOWE NA STOPACH TYTANU

Wioletta Florkiewicz*, Agnieszka Sobczak-Kupiec

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii
Materiałowej, 31-864 Kraków, al. Jana Pawła II 37

* e-mail: wioletta.florkiewicz@pk.edu.pl

Słowa kluczowe: powłoki, kompozyty, biomateriały, tytan, hydroksyapatyt

Jednym z obszarów nauki, w których powłoki kompozytowe zyskują coraz szersze zainteresowanie jest implantologia. Dzięki możliwości projektowania właściwości powłok mogą one w znaczny sposób polepszać właściwości biometalu przeznaczonego do wytwarzania implantów. Ze względu na przeznaczenie implantu rodzaje powłok stosowanych do ich pokrywania można podzielić na trzy grupy: przeciwwżyciowe, bioaktywne oraz antybakteryjne [1]. Niemniej jednak, dąży się do wytwarzania powłok o jak najszerszym spektrum działania, projektując materiały wieloskładnikowe, co umożliwi otrzymanie produktu wykazującego wielopłaszczyznowe efekty [2]. Celem niniejszej pracy było otrzymanie bioaktywnego oraz biogodnego materiału opartego na ceramice hydroksyapatytowej (HAp) oraz poli(glikolu etylenowym) (PEG), przeznaczonego do wytwarzania powłok na stopie tytanu. HAp został otrzymany metodą mokrą bazującą na reakcji azotanu (V) wapnia oraz fosforanu diamonu i zastosowany jako komponent powłok zawierających PEG. Jako czynnik sieciujący wykorzystano diakrylan poli(glikolu etylenowego) (PEGDA). Mieszankę nanoszono na płytki tytanowe, a następnie poddawano sieciowaniu w polu promieniowania UV. Przygotowane w ten sposób materiały poddawano inkubacji w płynach symulujących środowisko organizmu ludzkiego. Skład fazowy proszku ceramicznego został określony za pomocą metody dyfrakcji rentgenowskiej. Sedymentację proszku badano z zastosowaniem przyrządu MultiScan 20. Morfologia otrzymanych proszków oraz powłok przed oraz po inkubacji została zobrazowana za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej. Strukturę chemiczną powłok badano z zastosowaniem spektroskopii w podczerwieni. Otrzymany HAp cechował się wysokim stopniem krystaliczności (85%) oraz szybkością sedymentacji w wodzie na poziomie $2,92 \pm 0,14$ mm/min. Analiza morfologii powłok po inkubacji wykazała tworzenie się na ich powierzchni struktur apatytowych.

Niniejsze badania zostały zrealizowane w ramach projektu UMO-2016/21/D/ST8/01697.

Piśmiennictwo

- [1] Zhang, L.C., Chen, L.Y., Wang, L., Surface Modification of Titanium and Titanium Alloys: Technologies, Developments, and Future Interests, Adv. Eng. Mater. 22 (2020) 1901258.
[2] Jahanmard, F., Dijkmans, FM., Majed, A., Vogely, HC., Van der Wal, BCH., Stapels, DAC., Ahmadi, SM., Vermonden, T., Amin Yavari, S., Toward Antibacterial Coatings for Personalized Implants. ACS Biomater. Sci. Eng. 6 (2020) 5486-5492.

E-POSTER 12) FUNKCJONALIZACJA MATERIAŁÓW HYDROŻELOWYCH DO BIODRUKU 3D POPRZECZ WPROWADZENIE NANOCZĄSTEK

Monika Gołda-Cępa¹, Jasper Smet², Julia Fudali^{1*}, Brigita Tomšič³, Heidi Declercq²,
Andrzej Kotarba¹

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, Gronostajowa 2, 30-387 Kraków, Polska

² KU Leuven, Etienne Sabbelaan 53, 8500 Kortrijk

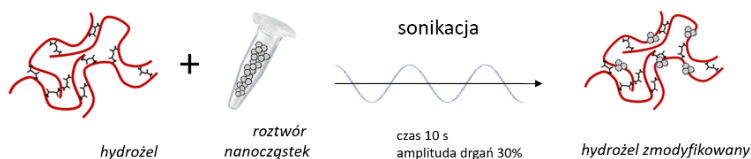
³ University of Ljubljana, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana

* e-mail: julia.fudali@student.uj.edu.pl

Słowa kluczowe: biodruk, biomateriały, hydrożel, nanocząstki

Biodruk 3D to technologia pozwalająca na wytwarzanie trójwymiarowych struktur zawierających żywe komórki [1]. Przykładem materiału wykorzystywanego do biodruku jest hydrożel GelMA, czyli hydrożel na bazie żelatyny, modyfikowany grupami metakrylowymi [2]. Hydrożele znajdują szerokie zastosowanie w biodruku z uwagi na zdolność do adsorpcji dużej ilości wody – dzięki temu są miękkie i plastyczne. Biorąc pod uwagę różnorodne zastosowania biomateriałów, nieustannie prowadzone są intensywne badania zarówno nad nowymi hydrożelami, jak i ich modyfikacjami. Jedną z metod pozwalających na funkcjonalizację biomateriałów jest metoda sonochemiczna, która wykorzystując działanie ultradźwięków pozwala na dekorację nanocząstkami.

W hydrożel GelMA wprowadzono nanocząstki złota oraz nanocząstki tlenku żelaza (II,III) metodą sonochemiczną, którą schematycznie przedstawiono na Rys. 1. Nanocząstki złota wybrano ze względu na ich właściwości antybakteryjne, natomiast nanocząstki tlenku żelaza (II,III) zostały wykorzystane ze względu na swoje właściwości magnetyczne i możliwość ich wykorzystania np. do lokalnego magnetotermicznego stymulowania komórek. Hydrożele poddane działaniu ultradźwięków oraz ultradźwiękowej funkcjonalizacji z wykorzystaniem nanocząstek badano w kontekście stabilności struktury materiału (ATR-IR, TG-DTA) oraz morfologii (SEM). Wykazano, że zoptymalizowane parametry ultradźwięków nie wpływają na strukturę chemiczną hydrożelu GelMA, a metoda sonochemiczna jest obiecująca w kontekście funkcjonalizacji biomateriałów nanocząstkami.



Rysunek 1. Schemat modyfikacji hydrożelu

Piśmiennictwo

- [1] Wojnarowska, W., Bioprinting 3D. MN: Nauki medyczne i nauki o zdrowiu, część IV (2017) 131-137.
[2] Yue, K., Trujillo-de Santiago, G., Alvarez, M., Tamayol, A., Annabi, N., Khademhosseini, A., Synthesis, properties, and biomedical applications of gelatin methacryloyl (GelMA) hydrogels, Biomaterials 73 (2015) 254-271.

E-POSTER 13) HYDROŻELE PODWÓJNEJ SIECI MODYFIKOWANE CZĄSTKAMI BIOAKTYWNYMI PRZEZNACZONE DO REGENERACJI TKANKI CHRZĘSTNEJ

Malwina Furgala*, Patrycja Domalik-Pyzik

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra
Biomateriałów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* e-mail: malwinafurgala@gmail.com

Słowa kluczowe: hydrożele podwójnej sieci, inżynieria tkankowa, tkanka chrzęstna

Starzenie się społeczeństwa, wypadki komunikacyjne, czy popularność sportów ekstremalnych i urazowych, to czynniki przyczyniające się do degeneracji i uszkodzeń tkanki chrzęstnej. Wychodząc naprzeciw potrzebom medycyny regeneracyjnej, naukowcy poszukują materiałów, które mogłyby stanowić alternatywę dla obecnie stosowanych metod leczenia. Jedną z propozycji jest tworzenie rusztowań tkankowych w oparciu o hydrożele syntetyzowane głównie z naturalnych komponentów. Cechują się one m. in. wysoką biokompatybilnością, wysoką zawartością wody, a dzięki odpowiednim modyfikacjom wspierają także sam proces regeneracji. Niestety typowe materiały hydrożelowe mają niekorzystne właściwości mechaniczne. Rozwiązaniem mogą być hydrożele podwójnej sieci (ang. double network hydrogels), czyli materiały zbudowane z dwóch wzajemnie przenikających się, lecz niezależnych hydrofilowych sieci polimerowych, które pozwalają na znaczną poprawę właściwości mechanicznych [1,2]. Można je otrzymać bazując na substratach pochodzenia syntetycznego bądź naturalnego, jednak to te drugie są preferowane w zastosowaniach biomedycznych.

Celem badań jest otrzymanie i charakterystyka fizycznego hydrożelu podwójnej sieci wytworzonego z modyfikowanego chitozanu oraz alkoholu poliwinylowego z dodatkiem nanocząstek hydroksyapatytu. Badania właściwości fizykochemicznych obejmują analizy: mikrostruktury, struktury, właściwości mechanicznych, tribologicznych oraz stabilności chemicznej. W dalszych etapach planowane są także badania właściwości biologicznych w warunkach *in vitro*.

Praca została sfinansowana z subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (Projekt nr 16.16.160.557).

Piśmiennictwo

[1] Shuchun, G., Weinan, L., Yongliang, Z., Nano-hydroxyapatite enhanced double network hydrogels with excellent mechanical properties for potential application in cartilage repair, Carbohydr. Polym. 229 (2020) 115523.

[2] Shabnam, ZB., Connor, JD., Grunlan, MA., Cartilage-like tribological performance of charged double network hydrogels, J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 114 (2021) 104202.

E-POSTER 14) NANOSFERY BIAŁKOWE W KONTROLOWANYM DOSTARCZANIU LEKÓW

Magdalena Głab*, Sonia Kudłacik-Kramarczyk, Anna Drabczyk, Bożena Tyliczszak

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki,
al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

* e-mail: magdalena.glab@doktorant.pk.edu.pl

Słowa kluczowe: albumina, nośniki leków, systemy dostarczania leków, wysalanie białek

W ostatnich latach wśród najczęściej wymienianych chorób cywilizacyjnych wyróżniają się choroby nowotworowe. Poważnym problemem są przerzuty nowotworu do tkanki kostnej. Podczas leczenia nowotworów stosuje się leki cytostatyczne, które działają na szybko dzielące się komórki. Do tego typu komórek zaliczyć można zarówno komórki nowotworowe jak również wybrane zdrowe komórki. Skutkiem działania leków cytostatycznych na zdrowe komórki jest występowanie wielu niepożądanych objawów ubocznych. Jedną z możliwości rozwiązania tego problemu jest zastosowanie odpowiednich nośników. W przypadku nowotworów tkanki kostnej nośniki te mogą być wykorzystane jako składnik materiału tworzącego implant. Po usunięciu nowotworu, zastosowanie implantu zawierającego nośnik białkowy z lekiem cytostatycznym może ograniczyć dalszy rozrost przerzutów do kości [1,2].

W niniejszej pracy zaprezentowano metodykę otrzymywania sfer polimerowych na bazie albuminy. Do tego celu wykorzystano proces wysalania białek. W pierwszym etapie przeprowadzono szereg syntez mających na celu dobór odpowiednich warunków otrzymywania nanosfer albuminowych. Następnie określono wybrane właściwości fizykochemiczne otrzymanych materiałów. Analizy spektroskopowe potwierdziły występowanie charakterystycznych dla albuminy ugrupowań. W odpowiednich warunkach syntezy otrzymane sfery charakteryzowały się rozmiarem nanometrycznym, który stwarza wiele potencjalnych zastosowań w dziedzinie medycyny i farmacji. Natomiast wyniki badań biologicznych potwierdzające brak właściwości cytotoksycznych jak również aktywności prozapalnej wskazują na duży potencjał zastosowania otrzymanych sfer w systemach kontrolowanego dostarczania leków.

Prace badawcze zrealizowane zostały w Kole Naukowym Materiałów Funkcjonalnych SMART-MAT na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechniki Krakowskiej.

Piśmiennictwo

- [1] Tiwari, R., Controlled Release Drug Formulation In Pharmaceuticals: A Study On Their Application And Properties, World J. Pharm. Res. 5(2) (2016) 1704-1720.
- [2] Ferguson, J., Turner, SP., Bone Cancer: Diagnosis and Treatment Principles, Am. Fam. Physician. 98(4) (2018) 205-213.

E-POSTER 15) POLIMEROWE IMPLANTY DO REKONSTRUKCJI POWIERZCHNI GAŁKI OCZNEJ

Maria Grolik^{1*}, Bogumił Wowra¹, Dariusz Dobrowolski¹, Krzysztof Szczubiałka², Maria Nowakowska², Edward Wylęgała¹

¹ Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Nauk Medycznych w Zabrze, Katedra i Oddział Kliniczny Okulistyki, ul. Panewnicka 65, 40-760 Katowice

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

Słowa kluczowe: rogówka, membrana, chitozan, kolagen, genipina

Inżynieria tkankowa jest dziedziną naukową kreującą nowe alternatywne rozwiązania, zmieniające sposób podejścia do leczenia. Zajmuje się ona wykorzystaniem metod szeroko rozumianej inżynierii materiałowej, w celu wytwarzania funkcjonalnych zamienników uszkodzonych tkanek. Stosując odpowiednie materiały można uzyskać struktury pozwalające na penetrację, adhezję oraz rozwój komórek prowadzony w celu odtworzenia tkanki.

Celem badań było otrzymanie całkowicie innowacyjnego, wykazującego zdolność do całkowitej biodegradacji polimerowego podłoża hodowlanego będącego łatwo dostępnym, tanim i skutecznym zamiennikiem błony owodniowej. Uzyskany materiał ma spełniać rolę tymczasowej błony podstawnej dla nowo wyhodowanego wielowarstwowego arkusza komórkowego, dlatego powinien on wykazywać szereg określonych właściwości. Wymagania stawiane implantom to odpowiednia wytrzymałość mechaniczna pozwalająca na przysycie podłoża wraz z komórkami do powierzchni oka, resorbowalność w odpowiedniej skali czasowej oraz brak efektu prozapalnego.

Głównym składnikiem podłoży w postaci membran był chitozan, polisacharyd otrzymywany w procesie deacetylacji chityny. Chitozan usieciowano za pomocą genipiny – naturalnej i nietoksycznej substancji pozyskiwanej z owoców gardenii jaśminowatej. Układy na bazie chitozanu wzbogacono włóknistym białkiem w postaci kolagenu, składnika naturalnego regularnie stosowanego w szeroko pojętej medycynie regeneracyjnej, w tym także do rekonstrukcji powierzchni oka.

Piśmiennictwo

[1] Grolik, M., Szczubiałka, K., Wowra, B., Dobrowolski, D., Orzechowska – Wylęgała, B., Wylęgała, E., Nowakowska, M., Hydrogel membranes based on genipin – cross – linked chitosan blends for corneal epithelium tissue engineering, J. Mater. Sci.: Mater. al.. 23 (2012) 1991-2000.

[2] Grolik, M., Kopeć, M., Szczubiałka, K., Wowra, B., Dobrowolski, D., Wylęgała, E., Nowakowska, M., Regeneracja nabłonka rogówki przy zastosowaniu membran chitozanowych modyfikowanych keratyną, Przegląd Lekarski 69(10) (2012) 992-997.

E-POSTER 16) MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA TECHNIK PRZYROSTOWYCH DO PRODUKCJI KOMPONENTÓW METALOWO-POLIMEROWYCH HYBRYDOWEGO GWOŹDZIA ŚRÓDSZPIKOWEGO

Dominika Grygier*, Piotr Kowalewski, Jakub Słowiński

Yuton Sp. z o.l., al. Kasztanowa 3A-5, 53-125 Wrocław, Polska

* e-mail: dominika.grygier@yuton.pl

Słowa kluczowe: gwoździe śródszpikowe, Ti6Al4V-PLA, Ti6Al4V-PA, druk 3D

Projekt realizowany przez Spółkę Yuton obejmuje przeprowadzenie prac B+R, których rezultatem będzie zbadanie i wdrożenie na rynek gwoźdź śródszpikowego z hybrydowym napędem magneto-mechanicznym pozwalającego na zastosowanie aktywnej metody wydłużania kości długich człowieka [1]. Produkt końcowy dedykowany będzie zarówno pacjentom z nierównościami kończyn spowodowanymi wadami wrodzonymi, rozwojowymi, deformacjami lub będącymi następstwem wypadków.

Występujące elementy polimerowe w konstrukcji prototypu gwoźdź śródszpikowego mogą zostać wykonane metodą addytywną (druk 3D). W celu wyeliminowania połączeń klejowych, szkodliwych w warunkach biologicznych i zwiększenia dostępnych możliwości konstrukcyjnych poprzez połączenia kształtowe, elementy polimerowe można wykonać poprzez wdrukowywanie ich na elementach metalowych. Głównym wyzwaniem technologicznym w tym zakresie jest zintegrowanie wydruku 3D z klasycznie wykonanymi elementami tytanowymi, a więc drukowanie tworzywem na gotowych elementach metalowych.

Większość stosowanych obecnie kompozycji metalowo-polimerowych dotyczy kompozytów, dla których kształt faz metalu i polimeru jest przypadkowy, a wielkość poszczególnych faz jest w zakresie nano lub mikrometrów [2]. Spotyka się również materiały łączone, posiadające wyraźne odróżnienie fazy polimerowej i metalicznej w skali makro. Dużym problemem jest proces obróbki plastycznej tego typu materiałów, ponieważ obydwa komponenty wykazują całkowicie odmienne właściwości mechaniczne [3,4].

Piśmiennictwo

[1] Grygier, D., Słowiński, J., Kowalewski, P., Wydłużanie kości długich – metody i zastosowanie, Inżynier i Fizyk Medyczny, 9(6) (2020) 458-460.

[2] Parthasarathy, J., 3D modeling, custom implants and its future perspectives in craniofacial surgery, Ann. Maxillofac. Surg. 4 (2014) 9–18.

[3] Crump, S., Fdm Stratys Patent, 998, 1992.

[4] Panin, SV., Buslovich, DG., Kornienko, LA., Dontsov, YV., Alexenko, VO., Ovechkin, BB., Comparison of structure and tribotechnical properties of extrudable UHMWPE composites fabricated by HIP and FDM techniques, AIP Conf. Proc. 2051 (2018) 020229.

E-POSTER 17) IMPLANTY PIERSI STOSOWANE W CHIRURGII PLASTYCZNEJ I REKONSTRUKCYJNEJ

Ewelina Imiolek^{1*}, Barbara Rynkus¹, Julia Lisoń², Magdalena Antonowicz²

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, Studenckie Koło Naukowe SYNERGIA, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska

² Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, ul. Roosevelta 40, 41-800 Zabrze, Polska

* e-mail: ewelimi131@student.polsl.pl

Słowa kluczowe: *implanty, implanty piersi, silikon, powikłania, modyfikacja powierzchni*

Implanty piersi są szeroko stosowane zarówno w chirurgii plastycznej, jak i rekonstrukcyjnej w celu poprawy wyglądu piersi czy odzyskania pewności siebie pacjentek po przebyciu chorób nowotworowych. Implanty piersi stosowane są powszechnie już od początków lat 60-tych XX wieku. Implant piersi składa się z powłoki wykonanej z elastomeru silikonowego wypełnionej żelem silikonowym lub solą fizjologiczną. Powłoki implantu z elastomeru silikonowego są dostępne na rynku w dwóch wariantach: o gładkiej lub teksturowej powierzchni. Najczęściej spotyka się implanty wypełnione żelem silikonowym o różnym stopniu konsystencji od półpłynnej do galaretowatej. Zabieg wszczepienia implantów wiąże się z występowaniem powikłań takich jak przykurcz torebki, pęknięcie implantu, a także wzrost implantu z tkanką. Z tego względu zaczęto prowadzić badania modyfikacji powierzchni implantów w celu polepszenia ich właściwości użytkowych. Wśród najczęściej spotykanych modyfikacji powierzchni silikonowych implantów piersi wyróżniono: obróbkę plazmową, ekspozycję na promieniowanie UV/ozon, naświetlanie promieniami UV czy metody aktywacji chemicznej z użyciem roztworów kwaśnych, procesów zol-żel lub chemicznego osadzania z fazy gazowej.

Piśmiennictwo

[1] Champaneria, MC., Wong, WW., Hill, ME., Gupta, DC., The evolution of breast reconstruction: A historical perspective, *World J. Surg.* 36(4) (2012) 730–742.

[2] Magill, LJ., Tanska, A., Keshtgar, M., Mosahebi, A., Jell, G., Mechanical and surface chemical analysis of retrieved breast implants from a single centre, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 91 (2019) 24–31.

[3] Chopra, S., Marucci, D., Cutaneous complications associated with breast augmentation: A review, *Int. J. Womens Dermatol.* 5(1) (2019) 73–77.

[4] Lam, M., Migonney, V., Falentin-Daudre, C.: Review of silicone surface modification techniques and coatings for antibacterial/antimicrobial applications to improve breast implant surfaces, *Acta Biomater.* 121 (2021) 68–88.

E-POSTER 18) FUNKCJONALIZOWANIE POWIERZCHNI DWUWYMIAROWYCH NANOMATERIAŁÓW OTRZYMANYCH NA BAZIE TLENKU TYTANU (IV)

Przemysław Jurczak*, Sławomir Lach

Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, ul. Wita Stwosza 63, 80-308 Gdańsk

* e-mail: przemyslaw.jurczak@ug.edu.pl

Słowa kluczowe: *nanomateriały, nanosheet, funkcjonalizacja, dwutlenek tytanu, peptydy*

Cechą charakterystyczną nanomateriałów jest tworzenie regularnych struktur na poziomie molekularnym, w których jeden z wymiarów zawiera się w zakresie 1-100 nm. Mimo, że materiały te są od wielu lat poddawane szerokiemu spektrum badań to w dalszym ciągu poznajemy ich nowe zastosowania w inżynierii, przemyśle kosmetycznym, czy medycynie. Jedną z nanostruktur skupiających na sobie znaczną uwagę są nanomateriały 2D – nanowarstwy (ang. nanosheet; NS), których najbardziej znanym przedstawicielem jest grafen. Jednak NS można utworzyć nie tylko z węgla, ale również z tytanu (Ti) czy jego tlenku (TiO_2). Ze względu na szerokie spektrum właściwości NS wykorzystywała.ą m.in. jako element kompozytów, zmieniając właściwości mechaniczne materiałów lub jako fotokatalizatory. Ogromny potencjał NS upatruje się w ich zastosowaniach do modyfikacji metali w celu zwiększenia ich powierzchni właściwej (istotne przy projektowaniu nowoczesnych implantów tytanowych o zwiększonym potencjale do integracji z kością) oraz w możliwości funkcjonalizacji powierzchni NS (zastosowanie NS np. w roli nośnika leków).

Nanowarstwy TiO_2 zostały uzyskane za pomocą procedury delaminacji, która pozwoliła na uzyskanie NS TiO_2 . Uzyskane nanomateriały 2D zostały poddane analizie za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Następnie do uzyskanych nanomateriałów zostały kowalencyjnie przyłączone czynniki aktywne w postaci peptydów o właściwościach antybakteryjnych. Sfunkcjonalizowane nanomateriały zostały poddane analizie za pomocą rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów (XPS) i spektroskopii w podczerwieni (FTIR), a następnie przebadane pod kątem właściwości antybakteryjnych – wyznaczone wartości minimalnego stężenia hamującego (MIC).

Powyższe metody (SEM, XPS, FTIR) pozwoliły na sfunkcjonalizowanie nanomateriałów otrzymanych na bazie tlenku tytanu (IV). Testy MIC nie wykazały właściwości antybakteryjnych sfunkcjonalizowanych materiałów, w porównaniu do kontroli (wolny peptyd). Mechanizm działania zastosowanych peptydów zakłada penetrację i uszkodzenie ściany komórkowej bakterii. Brak właściwości antybakteryjnych może oznaczać, że nanomateriały są pokryte zbyt gęstą warstwą peptydów. Kolejne badania będą skupiały się na rozluźnieniu warstwy peptydów pokrywających powierzchnię nanomateriałów, tak aby ułatwić im penetrację i uszkodzenie komórek bakteryjnych.

E-POSTER 19) WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE KOMPONENTÓW ŚLIZGOWYCH IMPLANTÓW WYTWARZANYCH METODAMI DRUKU 3D (FDM I DLP)

Piotr Kowalewski*, Aleksandra Zuber

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, ul. Łukasiewicza 5/7, 50-370 Wrocław

* e-mail: piotr.kowalewski@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: wydruk 3D, tribologia, tarcie, DLP, FDM

Wytwarzanie elementów konstrukcyjnych za pomocą technik przyrostowych (druku 3D) staje się coraz bardziej popularne. Wynika to z faktu uniwersalności tych metod oraz możliwości wykonywania niskim kosztem elementów o złożonym kształcie. Dzięki technikom addytywnym możliwe jest chociażby drukowanie elementów optycznych takich jak soczewki [1]. Najbardziej rozpowszechnionym obecnie jest druk FDM (Fused Deposition Modeling), jednak coraz większą popularność zyskują techniki wykorzystujące promieniowanie UV do utwardzania żywic [2]. Ze względu na prostotę i wydajność najszybciej rozwija się technologia DLP (Digital Light Processing) polegająca na utwardzaniu z wykorzystaniem wyświetlacza LCD całego przekroju wytwarzanej bryły.

W pracy przedstawiono wyniki badań tribologicznych trzech różnych materiałów wytwarzanych z wykorzystaniem metody DLP i FDM. Wyznaczone zostały charakterystyki zależności współczynnika tarcia od nacisku jednostkowego oraz intensywność zużycia dla par trących metal polimer. W ramach opisanych prac zbadano komponenty polimerowe wykonane z poliamidu (PA6), polilaktydu (PLA) i żywicy utwardzalnej promieniowaniem ultrafioletowym (UV-R) podczas tarcia po stali 316L w obecności płynu Ringera. Badania przeprowadzono na typowym urządzeniu do badania tarcia w skojarzeniu tarcza-trzpień (ang. pin-on-disc).

Wybadane materiały są jednymi z najczęściej stosowanych do wytwarzania elementów we wspomnianych technikach przyrostowych. Analiza wyznaczonych charakterystyk tribologicznych pozwala na ocenę przydatności wykorzystania wymienionych materiałów do produkcji układów łożyskowych i uszczelniających implantów. Zbadane skojarzenia trące mogą być al.rzystane m.in. do wytwarzania elementów złożonych układów stabilizacji (dynamiczne gwoździe śródszpikowe) [3], a w przyszłości również do węzłów ślizgowych endoprotez.

Piśmiennictwo

- [1] Squires, AD., Constable, E., Lewis, R.A., 3D Printed Terahertz Diffraction Gratings And Lenses, J. Infrared. Millimeter. Terahertz Waves 36 (2015) 72–80.
- [2] Yao, L., Hu, P., Wu, Z., Liu, W., Lv, Q., Nie, Z., Zhengdi, H., Comparison of accuracy and precision of various types of photo-curing printing technology, J. Phys. Conf. Ser. 1549 (2020).
- [3] Grygier, D., Słowiński, J., Kowalewski, P.: Wydłużanie kości długich – metody i zastosowanie, Inżynier i Fizyk Medyczny, 9(6) (2020) 458-460.

E-POSTER 20) USIECIOWANE BIOMATERIAŁY CHITOZANOWE DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH

Sonia Kudłacik-Kramarczyk*, Anna Drabczyk, Magdalena Głąb, Bożena Tyliczszak

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii
Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków
* e-mail: sonia.kudlacik-kramarczyk@pk.edu.pl

Słowa kluczowe: biomateriały, hydrożele polimerowe, chitozan, superabsorbenty

Materiały hydrożelowe, są to usieciowane układy polimerowe, które mogą znaleźć zastosowanie jako materiały opatrunkowe. Możliwość modyfikacji tych materiałów pozwala na poszerzenie ich obszaru zastosowań. W ramach opisywanego tematu opracowano układy hydrożelowe na bazie chitozanu i soku z aloesu z różną zawartością czynnika sieciującego o różnej średniej masie cząsteczkowej. Materiały te otrzymywano w polu promieniowania UV. Przeprowadzono szereg badań w celu wybrania kompozycji o najlepszych właściwościach pod kątem zastosowania jako materiału opatrunkowego. Wykonano badania wytrzymałościowe, pomiar chropowatości powierzchni, określono profile uwalniania, a ponadto przeprowadzono badania inkubacyjne oraz określono współczynnik pęcznienia otrzymanych materiałów. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, iż otrzymane materiały charakteryzują się różną zdolnością pęcznienia w zależności od zastosowanej ilości czynnika sieciującego. Ponadto, czynnik sieciujący ma wpływ również na chropowatość otrzymanych materiałów, morfologię ich powierzchni, jak również zdolność do uwalniania substancji leczniczej, czyli soku z aloesu. Przeprowadzone badania są na razie badaniami wstępnymi, jednak otrzymane wyniki badań wskazują na poprawnie obrany kierunek badań naukowych [1].

Badania naukowe prowadzone w ramach Koła Naukowego Materiałów Funkcjonalnych SMART-MAT na Politechnice Krakowskiej

Piśmiennictwo

[1] Tiwari R., Controlled Release Drug Formulation In Pharmaceuticals: A Study On Their Application And Properties, World J. Pharm. Res. 5(2) (2016) 1704-1720.

E-POSTER 21) MODELOWANIE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH SKAFOLDÓW ZE STOPU Ti13Zr13Nb WYTWORZONYCH METODĄ DRUKU 3D

Aleksandra Laska*, Andrzej Zieliński

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-271

* e-mail: aleksandra.laska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: skafold, druk 3D, tytan, SLM, implanty kostne

Do odbudowy tkanek coraz częściej wykorzystuje się specjalnie zaprojektowane materiały porowate, tak zwane skafoldy. Zapewniając trójwymiarowe środowisko umożliwiające odbudowę i regenerację tkanki, struktura taka powinna zapewniać także wsparcie mechaniczne podczas procesu. W trakcie projektowania lub określania przydatności skafoldów do stosowania w inżynierii tkanek kostnych należy wziąć pod uwagę między innymi ich relatywnie niski moduł Younga i wysoką wytrzymałość mechaniczną odpowiadającą kości. Istotna jest także porowatość skafoldu, kształt i wzajemne połączenie porów. Tytan i jego stopy są materiałami szeroko stosowanymi we współczesnej implantologii, ale różnica sztywności pomiędzy tytanem (110 GPa) [1], a otaczającą kością (10-30 GPa) [2] może prowadzić do nieprawidłowego rozkładu naprężeń (stress-shielding) oraz w następstwie poluzowania implantu [3].

Celem pracy było zaprojektowanie i wytworzenie metodą druku 3D porowatych struktur ze stopu Ti13Zr13Nb o kontrolowanej porowatości i module Younga zbliżonym do wartości kości ludzkiej. Wytworzone skafoldy charakteryzowały się porowatością od 32,65% do 47,97%. Moduł Younga struktur został wyznaczony eksperymentalnie w statycznej próbie ściskania i wynosił od 16,98 do 40,08 GPa. Skafoldy o największych porowatościach charakteryzowały się modulem Younga zbliżonym do wartości modułu elastyczności kości korowej (17,4 GPa) [4].

Piśmiennictwo

- [1] Lee, T., Variation in mechanical properties of Ti-13Nb-13Zr depending on annealing temperature, Appl. Sci. 10 (2020) 1–7.
- [2] Rho, JY., Ashman, RB., Turner, CH., Young's modulus of trabecular and cortical bone material: Ultrasonic and microtensile measurements. J. Biomech. 26 (1993) 111–119.
- [3] Ridzwan, MIZ., Shuib, S., Hassan, AY., Shokri, AA., Mohammad Ibrahim MN., Problem of stress shielding and improvement to the hip implant designs: A review. J. Med. Sci. 7 (2007) 460–467.
- [4] Herman, IP., Physics of the human body, 2010.

E-POSTER 22) OPTYMALIZACJA PROCESU ELEKTROPRZĘDZENIA WŁÓKNIN POLILAKTYDOWYCH ZAWIERAJĄCYCH GENTAMYCYNĘ

Anna Morawska-Chochół*, Monika Burakowska

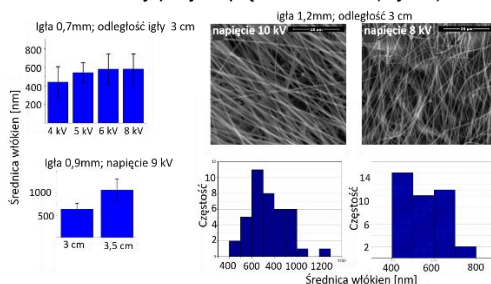
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra
Biomateri.łów i Kompozytów, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* e-mail: morawska@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: PLA, podłoża włókniste, gentamycyna, elektroprzędzenie, nośnik leku

Resorbowalne podłoża włókniste stwarzają szerokie możliwości w regeneracji tkanki kostnej i chrzęstnej [1]. Między innymi możliwa jest modyfikacja polimerowej włókniny związkami aktywnymi biologicznie lub wykazującymi określone działanie terapeutyczne [2]. Taką możliwością daje wprowadzenie gentamycyny do polilaktydowych włókien otrzymanych w procesie elektroprzędzenia, dzięki czemu podłoże stanowi równocześnie nośnik leku. Dodatkowo, dzięki procesowi optymalizacji procesu elektroprzędzenia można w szerokim zakresie modyfikować mikrostrukturę takich podłoży. W niniejszej pracy określono wpływ takich parametrów procesu jak średnica igły (0,7; 0,9 i 1,2 mm), odległość igły od kolektora (3-3,5 cm), napięcie (4-12kV) oraz stężenie roztworu (10 i 15%) na mikrostrukturę otrzymanych włókien. Otrzymano włókniwy z samego poli-L-laktydu (IngeoTM 3051D, Nature Works LCC) (PLA) oraz z dodatkiem 4% wag. siarczanu gentamycyny (Interforum Pharma) (PLA/GS). Jako rozpuszczalnik zastosowano mieszaninę chloroformu oraz metanolu (Avantor) w proporcji 2:1.

Dodatek gentamycyny do polilaktydu wpływał na większą kierunkowość ułożenia włókien oraz zmniejszał rozrzut średnic włókien. Włókniwy o najkorzystniejszych parametrach uzyskano dla roztworu PLA/GS o stężeniu 10%. Stosując napięcie 8 kV i igłę 0,9 mm w odległości 3,5 cm od kolektora uzyskano jednorodny włókna o równomiernym rozmieszczeniu. Dla igły o średnicy 1,2 mm odległej o 3 cm od kolektora otrzymano jednorodny włókniwy przy napięciu 8 i 10kV (Rys.1).



Rys.1. Wybrane wyniki dla PLA/GS 10%

Piśmiennictwo

- [1] Zhang, Y., Liu, X., Zeng, L., Zhang, J., Jianlin, Z., Jun, Z., Jianxun, D., Chen, X., Polymer Fiber Scaffolds for Bone and Cartilla-e Tissue Engineering - Review. Adv. Funct. Mater. 29(36) (2019) 1903279.
- [2] Pisani, S., Dorati, R., Chiesa, E., Genta, I., Modena, T., Bruni, G., Grisoli, P., Conti, B., Release profile of gentamicin sulfate from polylactide- co-polycaprolactone electrospun nanofiber matrices. Pharmaceutics 11 (2019) 161.

E-POSTER 23) OCENA PRZYCZYŃ ZNISZCZENIA TYTANOWEGO GWOŹDZIA ŚRÓDSZPIKOWEGO

Agata Ostafijczuk^{1*}, Dominika Grygier²

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe Materiałoznawstwa, ul. Smoluchowskiego 25, Wrocław 50-370

² Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Pojazdów, ul. Smoluchowskiego 25, Wrocław 50-370

* e-mail: stafijczuk.agata@gmail.com

Słowa kluczowe: gwóźdź śródszypkowy, Ti6Al4V, zmęczenie niskocyklowe

Metody leczenia wykorzystujące implanty ulegają ciągłemu rozwojowi, prace prowadzone są nad modyfikacją powierzchni zwiększających osteointegrację, metodami wytwarzania z wykorzystaniem technologii przyrostowych oraz nad indywidualizacją geometrii. Pomimo szerokiej wiedzy zarówno medycznej jak i materiałowej oraz coraz lepszych metod produkcji zdarzają się przypadki przedwczesnego zniszczenia implantów. Wiąże się one z obluzowywaniem lub pękaniem wszczepów, które może wynikać z działania obciążeń statycznych, cyklicznych oraz zniszczeń korozyjnych [1]. W celu poprawy niezawodności urządzeń stosowanych do stabilizacji złamań istotne staje się odzyskiwanie i analizowanie wyrobów uszkodzonych podczas użytkowania.

Przedmiot badań stanowił gwóźdź śródszypkowy krótki firmy Aesculap zastosowany do stabilizacji złamania kości udowej, który uległ zniszczeniu w krótkim okresie po implantacji. Materiał, z którego został wykonany to często stosowany stop Ti6Al4V, określany jako tytan gatunku 5, charakteryzujący się wysoką odpornością korozyjną oraz dobrymi właściwościami mechanicznymi [2,3]. Przeprowadzona została analiza struktury, badania fraktograficzne z wykorzystaniem mikroskopii optycznej oraz pomiary twardości metodą Vickersa.

Materiał wykazywał strukturę $\alpha+\beta$ po obróbce cieplnej, bez śladów korozji, a zmierzona twardość odpowiadała wartości podanej w literaturze. Na podstawie analizy wyników oraz wyglądu przelomu za przyczynę zniszczenia uznane zostało zmęczenie niskocyklowe. Ten rodzaj zniszczenia jest inicjowany w miejscach oddziaływania karbów lub korozji, które powodują koncentrację naprężeń. Uzyskane wyniki w połączeniu z przeglądem literatury, opisującej podobne przypadki zniszczenia, sugerują potrzebę dalszych badań w kierunku rozwoju pęknięć zmęczeniowych [4,5].

Piśmiennictwo

[1] Leda, H., Materiały inżynierskie w zastosowaniach biomedycznych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2012.

[2] Dobrzański, LA., Metaloznawstwo opisowe stopów metali nieżelaznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.

[3] Marciniak, J., Biomateriały w chirurgii kostnej, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1992.

[4] Nica, M., Cretu, B., Ene, D., Antoniac, I., Gheorghita, D., Ene, R., Failure Analysis of Retrieved Osteosynthesis, Implants Materials 13(5) (2020) 1201.

[5] Whatley, S., Computational Simulation of a femoral nail fracture, Wright State University 2019.

E-POSTER 24) WPLYW PEKTYNY CYTRUSOWEJ DODAWANEJ DO FAZY CIEKŁEJ NA FOSFORANOWO- WAPNIOWE CEMENTY KOSTNE

Piotr Pańtak*, Ewelina Cichoń, Joanna Czechowska, Anna Ślósarczyk, Aneta Zima

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metalowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
* e-mail: pantak@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: ceramika fosforanowo-wapniowa, cementy kostne, biopolimery, biomateriały

Cementy fosforanowo-wapniowe są powszechnie stosowanym materiałem implantacyjnym w obszarach ortopedii i stomatologii. Charakteryzują się one właściwościami bioaktywnymi i składem chemicznym zbliżonym do składu nieorganicznej części kości. Materiały te zazwyczaj nie są wstrzykiwalne, co znacznie utrudnia ich implantację do ubytków zlokalizowanych w trudno dostępnych miejscach. Celem niniejszej pracy było opracowanie i otrzymanie cementowych biomateriałów o znacznej poręczności chirurgicznej opartych na α -fosforanie (V) wapnia (α -TCP) i pektynowym hydrożelu. Fazę proszkową opracowanych cementów stanowił wysokoreaktywny proszek- α -TCP. Jako fazę ciekłą zastosowano mieszaninę 5%mas. roztworu pektyny cytrusowej (CUL) oraz 2%mas. roztworu wodorofosforanu (V) sodu (Na_2HPO_4) w różnych proporcjach (1:0, 3:1, 1:1, 1:3, 0:1). Zbadano czasy wiązania, skład fazowy, wytrzymałość na ściskanie, mikrostrukturę, stabilność chemiczną *in vitro*, wstrzykiwalność oraz porowatość otrzymanych cementów kostnych.

Przeprowadzone badania wykazały, że otrzymane materiały charakteryzowały się wyjątkowymi właściwościami, zależnymi od składu fazy ciekłej. Faza ciekła w postaci jedynie roztworu pektyny cytrusowej uniemożliwiła materiałom związanie. Uzyskanie materiałów samowiązających było możliwe dzięki zastosowaniu akceleratora wiązania w postaci Na_2HPO_4 w fazie ciekłej. Opracowane materiały charakteryzowały się czasami wiązania w zakresie $6-14 \pm 1$ min (początkowy czas wiązania) i $13-30 \pm 1$ min (końcowy czas wiązania). Wytrzymałość na ściskanie otrzymanych materiałów mieściła się w zakresie wymaganym dla substytutów kości gąbczastej. Cementy zawierające co najmniej 50% udziału roztworu pektyny cytrusowej w fazie ciekłej charakteryzowały się znaczną wstrzykiwalnością i poręcznością chirurgiczną. Siły niezbędne do ich wstrzyknięcia mieściły się w zakresie od $43,4 \pm 0,6$ N do $194,7 \pm 2,8$ N. Otrzymane biomateriały charakteryzowały się średnią porowatością na poziomie od $38,8 \pm 0,9$ % do $43,2 \pm 5,8$ %. Zaobserwowano także, iż ze wzrostem udziału roztworu pektyny cytrusowej w fazie ciekłej wzrastał rozmiar porów otrzymanych cementów.

Opracowane cementy kostne oparte na α -TCP ze względu na obecność pektyny cytrusowej oraz optymalizację jej udziału w fazie ciekłej w stosunku do Na_2HPO_4 mogą stanowić obiecujące samowiązające i wstrzykiwalne materiały do wypełniania ubytków kostnych.

Badania finansowane przez Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Projekt nr 16.16.160.557 (2021).
Dofinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki, nr 2017/27 / B / ST8 / 01173.

E-POSTER 25) OSADZANIE ELEKTROFORETYCZNE POWŁOK CHITOZAN/EUDRAGIT E 100/AgNPs NA PODŁOŻU TYTANOWYM JAKO SYSTEM KONTROLOWANEGO DOSTARCZANIA LEKÓW

Łukasz Pawłowski*, Andrzej Zieliński

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

* e-mail: lukasz.pawlowski@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: tytan, chitozan, nanocząstki srebra, elektroforeza, adhezja powłoki, uwalnianie srebra

Rozwój infekcji bakteryjnej tkanek otaczających wszczepiony implant jest jedną z głównych przyczyn niepowodzeń zabiegów implantacyjnych. Aby zapobiec osadzeniu się bakterii na powierzchni implantu i tworzeniu się biofilmu, wytwarzane są powłoki, które wykazują właściwości antybakteryjne. Problemem jest jednak kontrolowane uwalnianie substancji leczniczej z powłoki przez cały okres użytkowania implantu [1,2].

Celem naukowym pracy było wytworzenie metodą elektroforetyczną inteligentnej, kompozytowej powłoki chitozan/Eudragit E 100/nanocząstki srebra (chit/EE100/AgNPs) na powierzchni tytanu grade 2 z zastosowaniem zmiennych parametrów osadzania, takich jak stężenie AgNPs, napięcie oraz czas osadzania. Zbadano mikrostrukturę, chropowatość powierzchni, grubość, skład chemiczny i fazowy, właściwości mechaniczne i elektrochemiczne, szybkość uwalniania srebra przy różnym pH oraz zwilżalność wytworzonych powłok. Kompozytowe powłoki chit/EE100/AgNPs osadzano z powodzeniem na podłożu tytanowym metodą jednoetapowego osadzania elektroforetycznego. Stosując niższe wartości parametrów osadzania, otrzymano powłoki o bardziej jednorodnej morfologii. Zaproponowany system oparty na chitozanie i Eudragicie E 100 z dodatkiem nanocząstek srebra charakteryzował się dobrą odpornością na korozję, odpowiednią zwilżalnością oraz wykazywał dużą wrażliwość na środowisko o obniżonym pH, co jest istotne w przypadku zastosowań w systemach kontrolowanego dostarczania leków. Jednak adhezja tych powłok do metalicznego podłoża była niewystarczająca. Dodatek Eudragitu E 100 nie wpłynął znacząco na poprawę właściwości mechanicznych powłok chitozanowych. Problematyczna była również tendencja nanocząstek srebra do tworzenia aglomeratów, pomimo dodatku środka dyspergującego.

Piśmiennictwo

[1] Pawłowski, Ł., Bartmański, M., Strugała, G., Mielewczyk-Gryń, A., Jażdżewska, M., Zieliński, A., Electrophoretic Deposition and Characterization of Chitosan/Eudragit E 100 Coatings on Titanium Substrate, *Coatings* 10 (2020) 607.

[2] Pawłowski, Ł., Bartmański, M., Zieliński, A., pH-dependent composite coatings for controlled drug delivery system – Review, *Inżynieria Materiałowa* 1 (2019) 4–9.

E-POSTER 26) WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE HYDROŻELI MODYFIKOWANYCH SUBSTANCJAMI AKTYWNYMI

Edyta Piłat*, Paweł Szarlej, Justyna Kucińska-Lipka

Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Technologii Polimerów,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska
e-mail: s165818@student.pg.edu.pl

Słowa kluczowe: hydrożel, poliwinylpirolidon, amikacyna, agar

Współcześnie hydrożele są powszechnie stosowane w biomedycynie i farmacji w postaci systemów dostarczania leków, opatrunków na rany, regeneracji kości i wielu innych [1]. Poniższa praca przedstawia antybakteryjne hydrożele na bazie agaru i poliwinylpirolidonu wspomagające regenerację tkanek skóry.

Poliwinylpirolidon (PVP) to polimer syntetyczny, rozpuszczalny w wodzie oraz biokompatybilny. Dzięki tym właściwościom PVP może być stosowany jako składnik hydrożelu. Rozpuszczalność w wodzie pozwala na zastosowanie wody jako rozpuszczalnik reakcji, podczas gdy biokompatybilność jest kluczową własnością w zastosowaniach biomedycznych [2]. Ponadto hydrożele na bazie PVP charakteryzują się pamięcią kształtu [1]. Agar jest polimerem naturalnym – polisacharydem. Wykazuje dobre właściwości żelujące, a dodany do hydrożelu może wpływać na jego właściwości mechaniczne [3]. W celu nadania właściwości antybakteryjnych, hydrożel może zostać zmodyfikowany substancjami aktywnymi, np. siarczanem amikacyny. Amikacyna to półsyntetyczny antybiotyk aminoglikozydowy, rozpuszczalny w wodzie [4]. Stosowana jest przeciwko bakteriom z grupy *Enterobacter* oraz *Proteus*, które mogą powodować infekcje skóry i tkanek miękkich [5].

Hydrożele zsyntezowano stosując różne proporcje PVP i agaru, stałą ilość tetraboranu sodu oraz wody, jako rozpuszczalnika. Część z nich została następnie zmodyfikowana siarczanem amikacyny. Prezentowana praca opisuje ich właściwości fizykochemiczne: zawartość frakcji wodnej, kinetykę pęcznienia, gęstość oraz kąt zwilżenia postaci uwodnionej. Dodatkowo próbki hydrożelu poddano badaniu mikroskopii optycznej. Wyniki potwierdzają, że hydrożele modyfikowane siarczanem amikacyny mogą być stosowane jako składniki opatrunków na rany, zapewniając właściwości przeciwbakteryjne i zdolność wchłaniania dużej ilości wysięku.

Piśmiennictwo

- [1] Chirani, N., History and Applications of Hydrogels., J. Biomed. Sci. 4(2) (2015).
- [2] Teodorescu, M., Bercea, M., Poly(vinylpyrrolidone) – A Versatile Polymer for Biomedical and Beyond Medical Applications. Polym. Plast. Technol. Eng. 54(9) (2015).
- [3] Lyons, JG., Geever, LM., Nugent, MJD., Kennedy, JE., Higginbotham, CL., Development and characterisation of an agar – polyvinyl alcohol blend hydrogel. J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 2 (2009) 485–493.
- [4] Konopska, B., Warwas, M., Molekularne aspekty nefrotoksyczności antybiotyków aminoglikozydowych Postępy Hig. Med. Doświadczalnej (2007) 511–518.
- [5] Podlewski, JK., Chwalibogowska-Podlowska, A., Leki współczesnej terapii (2009) 38-39.

E-POSTER 27) BADANIE STRUKTURY POROWATYCH MATERIAŁÓW NA BAZIE LIOFILIZOWANYCH EMULSJI

Weronika Prus-Walendziak*, Justyna Kozłowska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemii, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: weronika.pw@doktorant.umk.pl

Słowa kluczowe: emulsje, liofilizacja, porowate materiały, ocena strukturalna

Liofilizacja jest szeroko stosowana do otrzymywania porowatych, trójwymiarowych materiałów, ponieważ zawarta w nich woda jest usuwana poprzez sublimację w obniżonej temperaturze i pod niskim ciśnieniem, co skutkuje powstawaniem porów. Liofilizowane materiały znalazły wiele zastosowań, szczególnie w medycynie i inżynierii tkankowej ze względu na zapewnienie mikrośrodowiska odpowiedniego do adsorpcji i proliferacji komórek lub wbudowywania czynników wzrostu w celu poprawy regeneracji uszkodzonych tkanek i narządów [1]. Porowata struktura materiałów jest również korzystna w przypadku opatrunków – stanowi oddychającą barierę ochronną, która utrzymuje optymalne mikrośrodowisko dla procesu gojenia się rany [2]. W celu wytworzenia materiałów porowatych można wykorzystać różne biopolimery, takie jak żelatyna i alginian sodu.

Celem badań było otrzymanie usieciowanych, porowatych materiałów poprzez liofilizowanie emulsji na bazie biopolimerów (alginianu sodu i żelatyny), gliceryny oraz lipidów (oleju z nasion bawełny i wosku pszczelego). Matryce zostały usieciowane poprzez zanurzenie w roztworze chlorku wapnia. Otrzymane materiały zostały zbadane przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), spektroskopii osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni (ATR-FTIR) oraz ocenę zawartości wilgoci w badanych próbkach.

Modyfikacje w obrębie składu materiałów znacząco wpłynęły na ich wygląd oraz strukturę. Otrzymane matryce mogą być podstawą do uzyskania nowej klasy materiałów do celów dermatologicznych, farmaceutycznych, biomedycznych i kosmetycznych.

Badania zostały sfinansowane z grantu NCN Sonata nr UMO-2016/21/D/ST8/01705.

Piśmiennictwo

[1] Brougham, CM., Levingstone, TJ., Shen, N., Cooney, GM., Jockenhoevel S., Flanagan T.C., O'Brien F.J.: Freeze-Drying as a Novel Biofabrication Method for Achieving a Controlled Microarchitecture within Large, Complex Natural Biomaterial Scaffolds, *Adv. Healthc. Mater.* 6 (2017) 1–7.

[2] Chen, Y., Liang, Y., Liu, J., Yang, J., Jia, N., Zhu, C., Zhang, J., Optimizing microenvironment by integrating negative pressure and exogenous electric fields via a flexible porous conductive dressing to accelerate wound healing, *Biomater. Sci.* 9 (2020) 238-251.

E-POSTER 28) WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE KOMPOZYTOWYCH POWŁOK Z NANORUREK WĘGLOWYCH Z DODATKAMI

Dorota Rogala-Wielgus^{1*}, Beata Majkowska-Marzec¹, Andrzej Zieliński¹, Michał Bartmański¹, Bartosz Bartosewicz²

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, Zespół Technologii Biomateriałów, ul. Narutowicza 11, 80-233 Gdańsk

² Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Nowych Technologii i Chemii, Instytut Optoelektroniki, Nanotechnology Research Group, ul. gen. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
* e-mail: dorota.wielgus@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: powłoki, kompozyty, osadzanie elektroforetyczne, nanorurki węglowe, nanomiedź, tlenek tytanu

Implanty tytanowe są jednym z najczęściej wykorzystywanych biomateriałów w implantologii. Aby wzmocnić ich bioaktywność konieczna jest modyfikacja powierzchni. Celem eksperymentu było sprawdzenie oraz porównanie własności mechanicznych powłoki z nanorurek węglowych (MWCNTs), dwuwarstwowej powłoki kompozytowej z MWCNTs i TiO₂, oraz dyspersyjnej powłoki kompozytowej składającej się z MWCNTs i nanoCu, otrzymanych z użyciem metody osadzania elektroforetycznego (EPD) na podłożu ze stopu Ti13Nb13Zr.

W ramach eksperymentu zbadano topografię powierzchni, grubości powłok, skład chemiczny, twardość oraz własności plastyczne i elastyczne, stosując odpowiednio mikroskopię optyczną, skaningową mikroskopię elektronową (SEM), spektroskopię rentgenowską z dyspersją energetyczną (EDS), oraz nanoindenter. Dodatek zarówno nanomiedzi, jak i tlenku tytanu do powłok z MWCNTs powoduje zwiększenie twardości, obniżenie modułu Young'a, wpływa na własności plastycznych, jak i elastyczne powłok, między innymi powoduje wzrost odporności na „odpryskiwanie” pod wpływem wyginania materiału oraz odkształcenia plastycznego.

Piśmiennictwo

[1] Cho, J., Schaab, S., Roether, JA., Boccaccini, AR., Nanostructured carbon nanotube/TiO₂ composite coatings using electrophoretic deposition (EPD), J. Nanoparticle Res. 10 (2008) 99–105.

[2] Ibrahim, MZ., Sarhan, AAD., Yusuf, F., Hamdi, M., Biomedical materials and techniques to improve the tribological, mechanical and biomedical properties of orthopedic implants – A review article, J. Alloys Compd. 714 (2017) 636–667.

[3] Ehtemam-Haghighi, S., Cao, G., Zhang, L., Nanoindentation study of mechanical properties of Ti based alloys with Fe and Ta additions. J. Alloys Compd. 692 (2017) 892–897.

[4] Okoro, A.M., Machaka, R., Lephuthing, SS., Oke, SR., Awotunde, MA., Olubambi, PA., Nanoindentation studies of the mechanical behaviours of spark plasma sintered multiwall carbon nanotubes reinforced Ti6Al4V nanocomposites, Mater. Sci. Eng. A. 765(2019) 138320.

[5] Musil, J., Kunc, F., Zeman, H., Poláková, H., Relationships between hardness, Young's modulus and elastic recovery in hard nanocomposite coatings, Surf. Coatings Technol. 154 (2002) 304–313.

E-POSTER 29) BADANIA BIOZGODNOŚCI *IN VITRO* MODUŁOWYCH PŁYTEK TYTANOWYCH

Maciej Dobrzyński¹, Agnieszka Rusak^{2*}, Anna Nikodem³, Magdalena Pajęczkowska⁴, Joanna Nowicka⁴, Zbigniew Rybak⁵, Maria Szymonowicz⁵

¹ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław, Polska

² Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Zakład Histologii i Embriologii, ul. T. Chałubińskiego 6a, 50-368 Wrocław, Polska

³ Politechnika Wrocławska, Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej, ul. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław, Polska

⁴ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Mikrobiologii, ul. T. Chałubińskiego 4, 50-368 Wrocław, Polska

⁵ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Zakład Chirurgii Eksperymentalnej i Badania Biomateriałów, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław, Polska

* e-mail: agnieszka.rusak@umed.wroc.pl

Słowa kluczowe: płytka modułowa, stop tytanu, biozgodność, fibroblasty, adhezja, mikroorganizmy

Wyroby tytanowe znajdują zastosowanie do stabilizowania odłamów kostnych, m.in. w postaci płytek do osteosyntezy kości twarzoczaszki [1]. Celem pracy było określenie wpływu modułowych płytek do osteosyntezy wykonanych ze stopu tytanu na linię komórkową, szczepy bakteryjne i grzyby. Do badań użyto płytek modułowych 3D w postaci gwiazdek ze stopu tytanu Ti6Al4V, w oparciu o patent firmy Science BioTech Sp. z o.o. (Polska), wytworzonych w technologii SLM (*selective laser melting*) [2,3] i poddanych sterylizacji parowej. Powierzchnię materiału określono poprzez pomiar parametrów chropowatości oraz pomiar kąta zwilżania. Badania działania cytotoksycznego wykonano na referencyjnej linii fibroblastów mysich L929 z użyciem wyciągu ze stopu o stężeniach: (100, 50,25,12,5) % oraz na BALB/3T3, stosując bezpośredni kontakt stopu z komórkami. Przeżywalność komórek oznaczano testem MTT. Badania mikrobiologiczne wykonano na szczepach *S. mutans*, *L. rhamnosus*, *C. albicans* oraz *S. epidermidis*. Podatność materiału na adhezję i tworzenie biofilmu określono przez wyznaczenie wartości jednostek tworzących kolonie (CFU/mL) oraz stopnia redukcji soli tetrazoliowych (TTC, MTT) przez żywe mikroorganizmy. Kąt zwilżania wyniósł $(96,64 \pm 5,95)^\circ$, parametry chropowatości: $Ra_{4,50} \pm 0,70 \mu\text{m}$ i $Rz_{20,60} \pm 3,42 \mu\text{m}$. Pomiarzy świadczą o hydrofobowych właściwościach płytek. W obrazie morfologii komórek nie stwierdzono zmian dla linii L929 i BALB/3T3. Wartość CFU/mL dla *S. mutans* wyniosła $6,3 \times 10^6$, dla *C. albicans* $6,0 \times 10^4$, a dla *L. rhamnosus* i *S. epidermidis* CFU/mL odpowiednio $1,30 \times 10^6$ i $1,06 \times 10^6$. Szczepy *L. rhamnosus* i *S. mutans* redukowały TTC odpowiednio na 2 i 3 stopniu, natomiast 4 stopień stwierdzono dla *S. epidermidis*. Dla *C. albicans* nie wykazano redukcji MTT. Modułowe płytki ze stopu tytanu nie wywołują działania cytotoksycznego. Stopień adhezji bakterii zależy od chropowatości i hydrofobowości powierzchni materiału, a także od właściwości biologicznych bakterii. Hydrofobowa powierzchnia płytek zwiększa adhezję szczepów *S. mutans* i *S. epidermidis*.

Piśmiennictwo

[1] Nicholson, JW. Titanium Alloys for Dental Implants: A Review. *Prosthesis*, 2 (2020) 100–116.

[2] Wzór użytkowy nr. 003434067-0001, 004567717-0001.

[3] Płytko do osteotomii. Pat. 234637. Ł. Pałka, M. Cykowska-Błasiak, M. Dobrzyński, R. Zarzycki, P. Halczuk.

E-POSTER 30) ALTERNATYWNE METODY SIECIOWANIA MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH NA BAZIE CHITOZANU I KOLAGENU

Szymon Salagierski^{1*}, Michał Dziadek^{1,2}, Katarzyna Cholewa-Kowalska¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków
* e-mail: ssalagierski@gmail.com

Słowa kluczowe: kompozyty, biopolimery, chitozan, kolagen, sieciowanie

Biopolimery z uwagi na biodegradowalność, biogodność, zdolność do tworzenia hydrożeli oraz dużą dostępność są materiałami szeroko badanymi w zastosowaniach medycznych. W niniejszej pracy wytworzono materiały hydrożelowe na bazie dwóch biopolimerów – polisacharydowego - chitozanu oraz polipeptydowego - kolagenu. Polimery te sieciowano różnymi związkami chemicznymi zawierającymi grupy aldehydowe - funkcjonalizowanym dekstranem oraz aldehydem fenolowym (2,3,4-trihydroksybenzaldehyd). Dodatkowo jako komponenty funkcjonalne zastosowano związek polifenolowy – kwas rozmarynowy oraz bioaktywne szkło dotowane strontem. Składniki te miały na celu nadanie materiałom zupełnie nowych właściwości biologicznych – aktywności antyoksydacyjnej, przeciwzapalnej oraz antybakteryjnej (polifenol), a także zdolności do tworzenia trwałego wiązania z tkanką kostną oraz potencjału osteoindukcyjnego (bioaktywne szkło). Celem badań była ocena wpływu obecności poszczególnych komponentów na proces sieciowania biopolimerów a także finalne właściwości uzyskanych hydrożeli, w tym mikrostrukturę, proces degradacji materiałów oraz kinetykę uwalniania czynników biologicznie aktywnych.

W ramach badań, metodą liofilizacji, wytworzono szerokie spektrum materiałów hydrożelowych na bazie chitozanu oraz chitozanu/kolagenu stosując dwa rodzaje związków sieciujących oraz modyfikację komponentami funkcjonalnymi. Materiały scharakteryzowano pod kątem mikrostruktury (SEM). Z kolei inkubacja w buforowanej soli fizjologicznej (PBS) pozwoliła na ocenę stopnia pęcznienia oraz proces degradacji materiałów. Przy pomocy metody spektrofotometrycznej zbadano również kinetykę uwalniania kwasu rozmarynowego do płynu inkubacyjnego.

Otrzymane wyniki wskazują, że poprzez odpowiedni dobór składników – zarówno związków sieciujących, jak również komponentów funkcjonalnych - istnieje możliwość uzyskania materiałów na bazie chitozanu oraz kolagenu o kontrolowanym stopniu usieciowania, a co za tym idzie - pęcznieniu i degradacji. Dodatkowo wprowadzenie do materiałów związków polifenolowych oraz bioaktywnych szkielec dotowanych jonami terapeutycznymi potencjalnie nadaje hydrożelom szerokie spektrum aktywności biologicznej.

Badania zostały częściowo sfinansowane w ramach projektu nr 2017/27/B/ST8/00195 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki oraz projektu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza AGH w Krakowie.

E-POSTER 31) WYSOKOPOROWATE MATERIAŁY NA BAZIE FOSFORANÓW (V) WAPNIA JAKO PODŁOŻA DLA INŻYNIERII TKANKI KOSTNEJ

Szymon Skibiński*, Joanna Czechowska, Aneta Zima

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
* e-mail: skibinski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: inżynieria tkankowa, fosforany wapnia, substytuty kostne, porowatość

Podłoża dla inżynierii tkankowej należą do tzw. trzeciej generacji biomateriałów, których celem nie jest zastępowanie, lecz umożliwianie odbudowy uszkodzonych tkanek czy nawet całych narządów. Takie rusztowania powinny spełniać szereg wymagań, m.in. w zakresie biokompatybilności, składu fazowego, odpowiednich właściwości mechanicznych oraz porowatości. Fosforany (V) wapnia (β -TCP, α -TCP), jako materiały o specyficznych właściwościach, często wykorzystywane są do otrzymywania podłoża dla medycyny regeneracyjnej [1].

W niniejszej pracy otrzymano podłoża bioceramiczne metodą odwzorowania matrycy polimerowej przy użyciu gąbek poliuretanowych o różnej mikrostrukturze. Wyjściowy proszek β -TCP użyty do przygotowania gęstwy ceramicznej zsyntetyzowano moką metodą chemiczną. Celem badań było określenie wpływu zastosowanej matrycy polimerowej na właściwości fizykochemiczne otrzymanych rusztowań bioceramicznych (skład fazowy, mikrostruktura, porowatość i wytrzymałość mechaniczna, stabilność chemiczna). W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że materiały składają się głównie z fazy krystalicznej β -TCP oraz niewielkiej ilości α -TCP. Otrzymano podłoża o porowatości otwartej przekraczającej 60% obj. o odmiennych wielkości porów kulistych od 213 ± 97 do 727 ± 229 μm . Wytrzymałość na ściskanie tworzyw mieściła się w zakresie od $2,8 \pm 0,4$ MPa do $3,2 \pm 0,8$ MPa. Wykazano, że materiały inkubowane w symulowanym płynie ustrojowym (SBF) były stabilne chemicznie, a pH roztworów wokół próbek było zbliżone do pH fizjologicznego (pH $\sim 7,40$).

Analiza otrzymanych wyników badań pozwala stwierdzić, że otrzymane podłoża bioceramiczne mogą potencjalnie być wykorzystane jako materiały implantacyjne w miejscach nieprzenoszących znacznych obciążeń mechanicznych [2].

Podziękowania: Badania finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, grant TECHMATSTRATEG2/ 407507/1/NCBR/2019

Piśmiennictwo

[1] Skibiński, S., Cichoń, Harażna, K., Marcello, E., Roy, I., Witko, M., Ślósarczyk, A., Czechowska, J., Guzik, M., Zima, A., Functionalized tricalcium phosphate and poly (3-hydroxyoctanoate) derived composite scaffolds as platforms for the controlled release of diclofenac, Ceram. Int. 47(3) (2021) 3876-3883.

[2] Roseti, L., Parisi, V., Petretta, M., Cavallo, C., Desando, G., Bartolotti, I., Grigolo, B., Scaffolds for Bone Tissue Engineering: State of the art and new perspectives", Mater. Sci. Eng. C 78 (2017): 1246–1262.

E-POSTER 32) POWŁOKI CERAMICZNO POLIMEROWE DO REGENERACJI TKANKI KOSTNEJ

Dagmara Słota*, Wioletta Florkiewicz, Agnieszka Sobczak-Kupiec

Politechnika Krakowska, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37,
31-064 Kraków

* e-mail: dagmara.slota@doktorant.pk.edu.pl

Słowa kluczowe: powłoki kompozytowe, hydroksyapatyt, poli(glikol etylenowy), biomateriały

Jedną z chorób cywilizacyjnych, dotykającą obecnie ponad 200 milionów ludzi na całym świecie jest osteoporoza. Charakteryzuje się ona postępującym ubytkiem masy kostnej jak i zmianą jej struktury przestrzennej [1]. Częstość występowania osteoporozy zwiększa się wraz z wiekiem i dotyka co 5 mężczyzn oraz co 3 kobietę. Większa częstotliwość występowania u kobiet, związana jest ze zmianą gospodarki hormonalnej, po okresie menopauzy [2]. Jednym ze sposobów walki z chorobą, jest wykorzystanie innowacyjnych, bioaktywnych materiałów. Niezwykle znany ze tej właściwości jest hydroksyapatyt (HAp). Wyróżnia go również imponująca biokompatybilność oraz zdolność do osteoindukcji. Jednakże podstawową wadą i ograniczeniem stosowania HAp jest wysoka kruchość. Rozwiązaniem tego problemu, jest stworzenie kompozytu z fazą polimerową, wykazującą większą elastyczność niż HAp. Dodatkowym interesującym aspektem jest rola transportowa polimerów. Poprzez wprowadzenie substancji aktywnych do matrycy, możliwa jest modyfikacja oraz ich kontrolowane uwalnianie.

Prezentowane badania skupiają się na otrzymaniu ceramiczno-polimerowej, bioaktywnej powłoki kompozytowej o kontrolowanej bioaktywności, wykorzystywanej do regeneracji tkanki kostnej. W tym celu wykorzystano HAp, poli(glikol etylenowy) stanowiący fazę ciągłą, a układ dodatkowo modyfikowano białkiem, surowiczą albuminą wołową. Przeprowadzono analizę fizykochemiczną wykorzystując w tym celu między innymi skaningową mikroskopię elektronową oraz spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera. W wyniku 14 dniowej inkubacji w SBF na powierzchni powłok pojawiły się nowe warstwy apatytowe. Potwierdza to występowanie interakcji pomiędzy badaną próbką, a płynem inkubacyjnym i świadczy o bioaktywności otrzymanego materiału.

Projekt „Wielofunkcyjne kompozyty aktywne biologicznie do zastosowań w medycynie regeneracyjnej układu kostnego” jest realizowany w ramach programu TEAM-NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej finansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Piśmiennictwo

[1] Sözen, T., Özişik, L., Başaran, N.C., An overview and management of osteoporosis, Eur. J. Rheumatol. 4 (2017) 46–56.

[2] Ji, M-X., Yu, Q., Primary osteoporosis in postmenopausal women. Chronic Dis. Transl. Med. 1 (2015) 9–13.

E-POSTER 33) OCENA STABILNOŚCI MIKROSFER WYKONANYCH Z BIODEGRADOWALNYCH POLIMERÓW

Natalia Stachowiak*, Justyna Kozłowska, Jolanta Kowalonek

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemii, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: nat.sta@doktorant.umk.pl

Słowa kluczowe: *mikrosfery, polimery naturalne, degradacja, surfaktant*

Degradacja polimerów związana jest ze zmianami właściwości fizycznych lub chemicznych, które powodują m.in. zmniejszenie średniej masy cząsteczkowej polimeru [1]. Degradacja polimerów zachodzi pod wpływem różnych czynników tj. działania organizmów żywych (biodegradacja), ekspozycji na promieniowanie słoneczne (fotodegradacja), utlenienia w podwyższonej temperaturze (degradacja termooksydacyjna) lub reakcji z wodą (hydroliza) [2]. Obecnie pożądaną cechą materiałów polimerowych jest zdolność do ulegania procesom degradacji, dzięki czemu możliwe jest odpowiednie gospodarowanie odpadami, co ma wpływ na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Do naturalnych degradable polimerów zaliczamy m. in. skrobię, chitozan, alginiany, gumę gellan, karagen oraz kolagen [3,4].

Celem badań było otrzymanie mikrosfer na bazie alginianu sodu i gumy gellan zawierających związek powierzchniowo-czynny. Mikrocząstki uzyskano metodą ekstruzji. Zbadano stabilność przygotowanych mikrosfer oraz wykonano ich zdjęcia po procesie degradacji przy użyciu mikroskopu optycznego.

Kolejnym etapem badań jest wprowadzenie otrzymanych mikrocząstek z dodatkiem surfaktantu do polimerowych matryc. Zarówno matryce jak i mikrosfery otrzymywane są z degradable polimerów, dlatego mogą stanowić ekologiczny zamiennik dla chusteczek nawilżanych.

Badania zostały sfinansowane z grantu badawczego Narodowego Centrum Nauki nr 2018/31/N/ST8/02007

Piśmiennictwo

[1] Speight, JG., Monomers, polymers, and plastics. Handbook of Industrial Hydrocarbon, Gulf Professional Publishing, Oxford, UK, 2020.

[2] Gewert, B., Plassmann, MM., MacLeod, M., Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment, Environ. Sci.: Process. Impacts 17 (2015) 1513-1521.

[3] Naghshineh, N., Tahvildari, K., Nozar, M., Preparation of Chitosan, Sodium Alginate, Gelatin and Collagen Biodegradable Sponge Composites and their Application in Wound Healing and Curcumin Delivery, J. Polym. Environ. 27 (2019) 2819–2830.

[4] Balasubramanian, R., Kim, SS., Lee, J., Novel synergistic transparentk-Carrageenan/Xanthan gum/Gellan gumhydrogelfilm: Mechanical, thermal and water barrier properties, Int. J. Biol. Macromol. 118 (2018) 561-568.

E-POSTER 34) BIOKOMPOZYTY POLIMEROWO-CERAMICZNE NA BAZIE PVP, HYDROKSYAPATYTU ORAZ HISTYDYNY

Anieszka Maria Tomala^{1*}, **Agnieszka Sobczak-Kupiec**¹, **Cristina Domínguez López**²,
Anna Drabczyk¹, **Bożena Tyliuszczak**¹

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, al. Jana Pawła II 37,
31-864 Kraków

² The Universitat Politècnica de València, Higher Polytechnic School of Alcoy,
Alcoy, Spain

* e-mail: agnieszka.tomala@pk.edu.pl

Słowa kluczowe: poliwinylpirolidon, hydrożele, kompozyty, pęcznienie, inkubacja, badania wytrzymałościowe

Biokompozyty polimerowe wzmocnione fazą ceramiczną są biostabilne oraz cieszą się dużą popularnością w medycynie regeneracyjnej kości i stawów. Fazy modyfikujące na bazie hydroksyapatytu (HAp) nadają cechy bioaktywne takim kompozytom. O ich bioaktywności może świadczyć fakt powstawania powłok fosforanowych podczas inkubacji w warunkach symulowanego środowiska ludzkiego organizmu. Dodatkowo, aminokwas histydyny (HIS) zintegrowany w matrycy poliwinylpirolidonu (PVP) z hydroksyapatytem wzmocnia procesy regeneracyjne wszelkiego rodzaju tkanek.

Celem naszych badań była analiza wpływu histydyny na właściwości mechaniczne i biologiczne biokompozytów na osnowach z poliwinylpirolidonu modyfikowanych bioaktywnymi cząstkami hydroksyapatytu. Właściwości mechaniczne określono poprzez badania wytrzymałości na zerwanie dla materiałów z różną zawartością histydyny (w pierwszej serii badań) oraz hydroksyapatytu (w drugiej serii). Na podstawie pierwszej serii badań wytrzymałościowych wybrano materiał zawierający 15 ml PVP oraz 15 ml HIS jako najbardziej wytrzymały na zerwanie (moduł Younga $0,73 \pm 0,01$ MPa). Dodatek cząstek hydroksyapatytu do matrycy z PVP/HIS spowodował zmniejszenie wytrzymałości kompozytów w stosunku do materiałów wyjściowych. Kompozyty z zawartością 1,25 g HAp wykazały moduł Younga o dwa rzędy wielkości mniejszy w porównaniu do materiałów z mniejszą zawartością fazy ceramicznej, tj. w granicach $5,70 \pm 0,07$ kPa.

Zachowanie biologiczne badanych materiałów oceniono na podstawie obserwacji SEM próbek inkubowanych w warunkach zbliżonych do panujących w ludzkim organizmie przez 8 dni. Jednocześnie prowadzono badania zmian pH i zmian masy próbek kompozytowych w czasie zanurzenia ich w wodzie destylowanej, płynie Ringera, sztucznej ślinie i hemoglobinie. Zdolność pęcznienia kompozytów PVP/HIS/HAp okazała się najwyższa dla tych zawierających 0,50 g oraz 0,75 g hydroksyapatytu i wynosiła 4,5 g/g po 24 godzinach. Badane kompozyty z histydyną wykazały bardzo korzystne zachowanie biologiczne podczas inkubacji w płynie Ringera. Przez minimum 8 dni wartości pH płynu, w którym prowadzono inkubację, spadły znacznie poniżej 7 wskazując na mineralizację hydroksyapatytu, co też potwierdziły liczne badania SEM i analiza chemiczna EDX. Wytworzona została apatytowa warstwa bioaktywna, która w warunkach *in vivo* będzie się przyczyniała do uzyskania mocnego połączenia materiału kompozytowego z kością po implantacji.

E-POSTER 35) BADANIA NANOINDENTACJI LASEROWO MODYFIKOWANYCH BIOSTOPÓW TYTANU

Dominika B. Trochowska*, Magdalena Jażdżewska, Michał Bartmański, Dariusz Fydrych

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
* e-mail: dominika.trochowska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: biostopy tytanu, obróbka laserowa, badania nanoindentacji, moduł sprężystości

W ostatnich czasach obserwuje się rozwój inżynierii powierzchni w zakresie biomateriałów. Szczególne miejsce w tej dziedzinie zajmuje tytan i jego stopy [1,2]. Próbki wykonane z czystego tytanu Ti Grade IV oraz stopów tytanu Ti-13Nb-13Zr i Ti-6Al-4V poddano obróbce laserowej. Modyfikacja została zaprogramowana w G-CODE, co umożliwiło określenie konkretnej ścieżki wiązki lasera. Moc wiązki lasera ustalono na 1000 W, częstotliwość na 25 Hz, a czas trwania impulsu laserowego wynosił 1 ms. By przeanalizować wpływ zastosowanej modyfikacji laserowej na właściwości mechaniczne uzyskanych warstw, przeprowadzono badania nanoindentacji. Obróbka laserowa spowodowała wzrost wartości modułu Younga warstwy wierzchniej dla próbki wykonanej z Ti Grade IV (przed: $(211,0 \div 32,7)$ GPa, po: $(223,2 \div 68,3)$ GPa). Wynikiem takiej modyfikacji jest większe zróżnicowanie powierzchni, o czym świadczą przede wszystkim wyższe wartości niepewności pomiarowych. Po modyfikacji laserowej dla próbek wykonanych z biostopów tytanu zaobserwowano spadek wartości modułu sprężystości. Umożliwia to zbliżenie wartości modułu Younga powierzchni biomateriału do wartości modułu sprężystości kości [3]. Badania nanoindentacji wykazały także spadek wartości nanotwardości nadtopionych warstw wierzchnich badanych próbek. Przeprowadzona obróbka laserowa omówionych biomateriałów umożliwia zastosowania ich w implantologii.

Piśmiennictwo

- [1] Onyszkiewicz, E., Opiekun, Z., Orłowicz W., Modyfikacja warstwy wierzchniej stopu tytanu $\alpha+\beta$ skoncentrowanym źródłem energii, Solidification of Metals and Alloys 30 (1997).
- [2] Kasza, T., Badanie właściwości fotokatalitycznych i charakterystyka fizykochemiczna nanokrystalicznych filmów TiO₂ na podłożu ceramicznym – rozprawa doktorska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechniki Krakowskiej, Kraków (2007).
- [3] Prabhakaran, S., Kalainathan, S., Shukla, P., Vasudevan, VK., Residual stress, phase, microstructure and mechanical property studies of ultrafine bainitic steel through laser shock peening, Opt. Laser. Technol. 115 (2019) 447–458.

E-POSTER 36) WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE SIECIOWANYCH UKŁADÓW ŻELATYNOWO- ALGINIANOWYCH

Marta Tuszyńska*, Joanna Skopińska-Wisniewska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków, Zespół
Funkcjonalnych Materiałów Polimerowych, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: marta.tuszyńska96@gmail.com

Słowa kluczowe: właściwości mechaniczne, hydrożel, żelatyna, alginian sodu, sieciowanie

Hydrożele to materiały trójwymiarowe, które posiadają zdolność pochłaniania dużej ilości wody przy jednoczesnym zachowaniu ich struktury. Integralność struktury hydrożeli w stanie spęcznienia utrzymywana jest przez obecność wiązań sieciujących - fizycznych lub chemicznych. Hydrożele ze względu na swoje właściwości są obiektem badań w różnych dziedzinach, m.in. medycynie regeneracyjnej, czy jako systemy dostarczania leków. Hydrożele jako biomateriały muszą wyróżniać się odpowiednimi właściwościami fizykochemicznymi i mechanicznymi, umożliwiać wytworzenie trójwymiarowej, stabilnej struktury, a w przypadku stosowania w inżynierii tkankowej, zapewniać środowisko sprzyjające przeżyciu i proliferacji odpowiednich komórek [1,2].

Przedmiotem prezentowanych badań były mieszaniny polimerów żelotwórczych: alginianu sodu i żelatyny, o różnym składzie procentowym. Układy sieciowano dwoma metodami: jonowo za pomocą dodatku roztworów chlorku wapnia o różnym stężeniu (10% i 5%) oraz kowalencyjnie przy użyciu chemicznych czynników sieciujących takich jak kwas kwadratowy (SQ), chlorowodorek 1-etylo-3-(3-dimetyloamino propylo)karbodiimid z dodatkiem N-hydroksy imidu kwasu bursztynowego (w stosunku molowym 1:5) (EDC-NHS) oraz skrobia dialdehydowa (DAS).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że optymalne właściwości mechaniczne wykazują żele zawierające 2% alginianu sodu oraz 6% żelatyny. Obniżenie stężenia roztworu CaCl₂ (z 10% do 5%) stosowanego do sieciowania jonowego alginianu spowodowało wzrost wydłużenia względnego przy zerwaniu testowanych żeli przy stosunkowo niewielkim obniżeniu wartości naprężenia zrywającego. Ponadto, zastosowanie chemicznych czynników sieciujących takich jak EDC-NHS i kwas kwadratowy dodatkowo poprawia parametry wytrzymałościowe otrzymanych hydrożeli.

Podziękowania:

Badania finansowane z Grantu NCBiR TECHMATSTRATEG2/407770/2/NCBR/2020.

Piśmiennictwo

[1] Kopeček, J., Hydrogel Biomaterials: A Smart Future?, Biomaterials 34 (2007) 5185-5192.

[2] Skopińska-Wisniewska, J., Tuszyńska, M., Olewnik-Kruszkowska, E., Comparative Study of Gelatin Hydrogels Modified by Various Cross-Linking Agents, Materials 14 (2021) 396.

E-POSTER 37) SYNTEZA MIKROFALOWA WIELOFAZOWYCH CZĄSTEK CA-P

Anna Woźniak*, Adrian Najmrodzki, Paulina Tymowicz-Grzyb, Agnieszka Antosik, Joanna Pagacz, Piotr Szterner, Mirosław Kasprzak, Monika Biernat

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Ceramiki i Betonów w Warszawie, ul. Cementowa 8, 31-983, Kraków

* e-mail: anna.wozniak@icimb.lukasiewicz.gov.pl

Słowa kluczowe: *synteza mikrofalowa, wpływ pH, wielofazowe fosforany wapnia, fosforan oktawapnia*

Fosforany wapnia (Ca-P), jak hydroksyapatyt (HA), α - i β -fosforany wapnia (α -TCP, β -TCP), fosforan oktawapniowy (OCP) uważane są za materiały biokompatybilne i wspomagające osteointegrację [1]. Szczególnie atrakcyjne są też dwu- lub wielofazowe fosforany wapnia, których właściwości można zaprojektować ściśle według potrzeb już na etapie syntezy. Szybką, wysokowydajną energetycznie i proekologiczną metodą otrzymywania cząstek ceramicznych jest synteza mikrofalowa. Wcześniej HA otrzymywano z zastosowaniem metody mikrofalowej przy pH 7-13 [2]. Wiadomo jednak, że w zależności od czasu reakcji i wartości pH otrzymywane cząstki różnią się morfologią, rozmiarem kryształów, a także składem fazowym.

Celem pracy było otrzymanie wielofazowego fosforanu wapnia w szybkiej metodzie mikrofalowej z zastosowaniem jako substratów wyjściowych: 5 hydratu mleczanu wapnia oraz kwasu ortofosforowego. Biorąc pod uwagę stabilność fosforanów wapnia przy różnych pH, reakcję prowadzono przy pH = 5, w czasie 100 min, przy mocy mikrofalii 700 W. Otrzymane produkty charakteryzowano metodą SEM, SEM/EDS, XRD i FTIR.

W zaproponowanej metodzie uzyskano atrakcyjny wielofazowy produkt w postaci włókien, którego głównym składnikiem jest fosforan oktawapnia. Jak podają dane literaturowe jest to materiał szczególnie pożądany w czasie regeneracji tkanki kostnej, gdyż wykazuje bioaktywność wyższą niż sam HAp, a stosowany klinicznie do wypełniania ubytków kości, jest przekształcany w HAp *in vivo* [3] i wspiera organizm jako sztuczna kość. OCP uchodzi za materiał trudny do uzyskiwania ze względu na niestabilność struktury krystalicznej (hydroliza do HAp), stąd opracowana metoda wydaje się obiecująca.

Badania były realizowane w ramach projektu „Wielofunkcyjne kompozyty aktywne biologicznie do zastosowań w medycynie regeneracyjnej układu kostnego” (POIR.04.04.00-00-16D7/18), który jest realizowany w ramach programu TEAM-NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej finansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Piśmiennictwo

[1] Dorozhkin, S.V., Calcium orthophosphate-based bioceramics, *Materials*. 6(9) (2013) 3840-3942.

[2] Yudin, A., Ilinykh, I., Chuprunov, K., Kolesnikov, E., Kuznetsov, D., Leybo, D., Godymchuk, A., Microwave treatment and pH influence on hydroxyapatite morphology and structure, *J. Phys. Conf. Ser.* 1145 (2019) 012003.

[3] Ban, S., Jinde, T., Hasegawa, J., Phase Transformation of Octacalcium Phosphate *in vivo* and *in vitro*, *Dent. Mater. J.* 11 (1992) 130.

E-POSTER 38) ZASTOSOWANIE WARSTWY NANOHYDROKSYAPATYTU NA POWIERZCHNI IMPLANTU - WSTĘPNE BADANIA *IN VITRO*

**Wojciech Zakrzewski^{1*}, Maciej Dobrzyński², Aneta Zakrzewska³, Łukasz Zakrzewski⁴,
Adam Lubojański¹, Sara Targońska⁵, Rafał Wiglusz⁵**

¹ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Zakład Chirurgii Eksperymentalnej i Badania Biomateriałów, ul. Bujwida 44, 50-345 Wrocław

² Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

³ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Katedra i Zakład Periodontologii, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁴ Akademicka Poliklinika Stomatologiczna, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych, Polska Akademia Nauk, Okólna 2, 50-422 Wrocław

* e-mail: wojciech.zakrzewski@student.umed.wroc.pl

Słowa kluczowe: *nanohydroksyapatyt, implant, pokrywanie nanomateriałami, powierzchnia bioaktywna, osseointegracja*

Modyfikacja powierzchni implantu poprzez jej pokrycie powłoką bioaktywnego nanohydroksyapatytu wspomaga proces gojenia kości i osseointegrację, sprzyjając proliferacji komórek oraz adhezji [1].

W badaniu wykorzystano 10 implantów AnyRidge (MegaGen®, Korea) o średnicy 6,5 mm i długości 10 mm. Implanty pokryto warstwą nanohydroksyapatytu metodą syntezy chemii na mokro a następnie zostały umieszczone w piecu w 900 °C na okres 3 godzin.

Na powierzchni implantów uzyskano jednolitą warstwę nanohydroksyapatytu o grubości 200 nm. Grubość określono na podstawie obrazów SEM.

Uzyskanie jednorodnej warstwy nanohydroksyapatytu zmienia geometrię powierzchni implantu. Konieczne są dalsze badania *in vitro* w celu oceny cytotoksyczności i hemokompatybilności zgodnie z normami ISO.

Piśmiennictwo

[1] Rupp, F., Liang, L., Geis-Gerstorfer, J., Scheideler, L., Hüttig, F., Surface characteristics of dental implants: A review, Dent. Mater. J. 34 (2018) 40–57.

E-POSTER 39) WŁAŚCIWOŚCI PŁYTEK TYTANOWYCH POKRYTYCH KWASEM TANINOWYM

Lidia Zasada*, Beata Kaczmarek-Szczepańska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemii, Katedra Chemii Biomateriałów
i Kosmetyków, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: 296559@stud.umk.pl

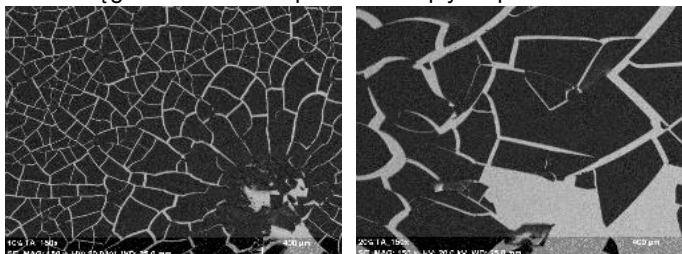
Słowa kluczowe: płytki tytanowe, kwas taninowy, właściwości powierzchniowe, powłoki

Tytan stosowany jest do produkcji implantów jako protezy, do produkcji mechanicznych elementów zastawek serca i do produkcji płytek stosowanych do łączenia fragmentów kości w przypadku złamania [1]. Jest on kompatybilny z ludzkim organizmem, ale nie ma właściwości przeciwbakteryjnych ani przeciwutleniających [2].

Kwas taninowy jest naturalnym związkiem o właściwościach przeciwbakteryjnych, a także wykazuje działanie przeciwutleniające [2]. Celem badań jest efektywne osadzenie kwasu taninowego na płytkach tytanowych celem nadania im nowych właściwości.

Płytki tytanowe zostały otrzymane dzięki współpracy z Vellore Institute of Technology (Indie). Kwas taninowy (Sigma Aldrich) rozpuszczono w buforze bicineowym (Pol-Aura) uzyskując roztwory o stężeniu 10 i 20%. Płytki zanurzone w roztworach i pozostawiono w atmosferze próżni na 24h. Następnie próbki wyjęto i pozostawiono do wysuszenia w warunkach pokojowych. Wykonano obrazowanie uzyskanych powierzchni skaningowym mikroskopem elektronowym wyposażonym w spektrometr rentgenowski (SEM-EDX; Quantax 200 z detektorem XFlash 4010, Bruker AXS, Niemcy).

Obraz uzyskany dla płytki zanurzonej w 10% (po lewej) i 20% (po prawej) roztworze kwasu taninowego ukazuje otrzymanie powłoki w formie nieciągłych fragmentów. Analiza EDX wykazała obecność węgla oraz tlenu na powierzchni płytek po zanurzeniu.



Proponowana metodyka pozwala na uzyskanie warstwy kwasu taninowego na płycie tytanowej, jednak uzyskana powierzchnia jest nieciągła. Dalszym etapem badań jest dokonanie oceny właściwości płytek.

Piśmiennictwo

[1] Nouri, A., Wen, C., Introduction to surface coating and modification for metallic biomaterials. Surface Coating and Modification of Metallic Biomaterials (2015) 3-60.

[2] Kaczmarek B., Tannic acid with antiviral and antibacterial activity as a promising component of biomaterials – a minireview. Materials 13 (2020) 3224.

E-POSTER 40) HYDROKSYAPATYTOWE POWŁOKI OTRZYMANE NA ZMODYFIKOWANYCH LASEROWO STOPACH TYTANU Ti15Mo I Ti7Nb6Al

Magdalena Jażdżewska*, Anita Berk, Koleta Chyżyńska, Beata Majkowska-Marzec

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Zakład Technologii
Biomateriałów, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska

* e-mail: magdalena.jazdzewska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: stopy tytanu, nanohydroksyapatyt, obróbka laserowa, implanty

Stosuje się wiele metod inżynierii powierzchni dla tytanu i jego stopów by uzyskać odpowiednią topografię powierzchni, poprawić biogodność z tkankami ludzkimi oraz otrzymać trwale połączenie implant – tkanka kostna. Ze względu na wysoką wydajność, możliwość automatyzacji i kontroli procesu obróbki bezdotykowej wykorzystywane są metody obróbki laserowej [1]. Implanty tytanowe nie zapewniają zazwyczaj odpowiedniego połączenia z kością, dlatego też stosuje się powłoki hydroksyapatytowe. Są one porowate, bioaktywne, odznaczają się wysoką biotolerancją i działaniem przeciwbakteryjnym. Pokrywanie tytanu i jego stopów hydroksyapatytem wpływa na poprawę osteointegracji i biokompatybilności implantów [2]. Odpowiednio przygotowana powierzchnia implantu wpływa na aktywność komórek kostnych oraz stymuluje procesy komórkowe. W pierwszym etapie badań poddano modyfikacji laserowej tytan techniczny oraz stopy tytanu: Ti7Nb6Al i Ti15Mo wykorzystując laser Nd:YAG. Kolejnym etapem było osadzanie elektroforetyczne hydroksyapatytu na powierzchniach zmodyfikowanych laserowo próbek. Zastosowano napięcie 10 V, czas procesu wyniósł 5 min, następnie próbki poddano spiekaniu. Na tak przygotowanych próbkach wykonano analizę mikroskopową, analizę składu chemicznego oraz fazowego, zmierzono kąt zwilżania oraz, za pomocą badania nanoindentacji, wyznaczono wybrane właściwości mechaniczne. Stwierdzono, że stop Ti15Mo ma najbardziej zbliżony do kości moduł Younga. Odnotowano wzrost chropowatości powierzchni po modyfikacji. Uzyskana na nim powłoka HAp nie ma pęknięć, a mikrostruktura jest drobnoziarnista. Stop Ti7Nb6Al wykazuje właściwości porównywalne z tytanem technicznym. Uzyskano niski kąt zwilżania powłoki hydroksyapatytowej na wszystkich badanych materiałach. Można przypuszczać, że obróbka laserowa powierzchni tytanu i jego stopów da obiecujące rezultaty dla zwiększenia adhezji osadzanych powłok hydroksyapatytowych.

Piśmiennictwo

- [1] Man, HC., Chiu, KY., Guo, X., Laser surface micro-drilling and texturing of metals for improvement of adhesion joint strength, Appl. Surf. Sci. 256 (2010) 3166-3169.
- [2] Drevet, R., Ben Jaber, N., Faure, J., Tara, A., Ben Cheikh Larbi, A., Banhayoune, H., Electrophoretic deposition (EPD) of nano-hydroxyapatite coatings with improved mechanical properties on prosthetic Ti6Al4V substrate, Surf. Coat. Technol. 301 (2015) 94-99.



WWW.WIMIO.PG.EDU.PL/KONFERENCJA-IMPLANTY