

ZESZYTY NAUKOWE TOWARZYSTWA DOKTORANTÓW  
UNIwersytetu Jagiellońskiego

# RADA NAUKOWA

PRZEWODNICZĄCY RADY NAUKOWEJ

PROF. DR HAB. WOJCIECH NOWAK, REKTOR UNIwersYTETU JagIELLOŃSKIEGO

CZŁONKOWIE RADY NAUKOWEJ

DR DENYS AZAROV

UNIwersYTET NARODOWY „AKADEMIA KIJOWSKO-MOHYLAŃSKA”

PROF. DR HAB. ANDRIY BOYKO

LWOWSKI UNIwersYTET NARODOWY IM. IWANA FRANKI

PROF. HUGH J. BYRNE

FOCAS RESEARCH INSTITUTE, DUBLIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

PROF. DR HAB. MARIA FLIS, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. DR HAB. TADEUSZ GADACZ, UNIwersYTET PEDAGOGICZNY W KRAKOWIE

DR HERBERT JACOBSON, LINKÖPING UNIVERSITET

PROF. DR HAB. KATARZYNA KIEĆ-KONONOWICZ, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

DR ERDENHULUU KHOHCHAHAR, KYOTO UNIVERSITY

PROF. DR HAB. ANDRZEJ KOTARBA, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

DR OLEKSIY KRESIN, NARODOWA AKADEMIA NAUK UKRAINY

PROF. DR HAB. MARTA KUDELSKA, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. DR HAB. TOMASZ MACH, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. DR HAB. ANDRZEJ MANIA, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. DR HAB. KAROL MUSIOL, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. BIDERAKERE E. RANGASWAMY

BAPUJI INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

PROF. DR HAB. JACEK SKŁADZIEŃ, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

DR HAB. LESZEK SOSNOWSKI, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. DR HAB. BOGDAN SZLACHTA, UNIwersYTET JagIELLOŃSKI

PROF. LUIGIA DI TERLIZZI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

PROF. MATTHIAS THEODOR VOGT

INSTITUT FÜR KULTURELLE INFRASTRUKTUR SACHSEN

ZESZYTY NAUKOWE TOWARZYSTWA DOKTORANTÓW  
UNIwersYTETU JAGIELLOŃSKIEGO

NAUKI ŚCISŁE

NUMER 11 (2/2015)



KRAKÓW 2015

Wydawca:

Towarzystwo Doktorantów UJ  
ul. Czapskich 4/14, 31-110 Kraków

Redaktor naczelny: Marcin Lubecki

Zastępca redaktora naczelnego: Arkadiusz Nyzio

Sekretarz redakcji: Rafał Kur

Redaktorzy tomu: Klaudyna Śpiewak, Wojciech Klimczyk, Anna Regiel-Futyra

Recenzenci:

prof. Martin Bier (East California University)

prof. dr hab. inż. Stanisław Błażewicz (Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków)

dr Małgorzata Brindell (Uniwersytet Jagielloński)

dr Katarzyna Głąbik (Polska Akademia Nauk)

dr Anna Włoszczak-Szubzda (Instytut Medycyny Wsi, Lublin)

Redakcja językowa: Marcin Lubecki, Anna Makowska,  
Katarzyna Migdał

Skład: Katarzyna Migdał

Projekt okładki: Szymon Drobnik

Współpraca wydawnicza: Wydawnictwo Nowa Strona

---

© Copyright by Zeszyty Naukowe Towarzystwa Doktorantów UJ

All rights reserved

Wydanie I, Kraków 2015

Nakład: 80 egz.

e-ISSN 2082-9213

p-ISSN 2299-2383

## SPIS TREŚCI

Justyna Michna, Silvia Irusta, Agnieszka Kyzioł.....	7
Otrzymywanie włókien alginianowych i chitozanowych metodą elektroprzędzenia	
Wojciech Tomczyk.....	21
Do Not Let the Dead Bite! Different Scenarios of the Zombie Epidemic Reexamined	
Anna Zembala.....	35
Modele komunikacyjne w relacjach lekarz – pacjent	
Anna Bazarnik, Katarzyna Gąsiorek.....	51
<i>American cat</i> , czyli koty i ludzie w neuronauce	
Przemysław Gajda-Morszewski, Klaudyna Śpiewak.....	67
Medyczne zastosowania laktoferyny	
Informacje o autorach.....	77

## CONTENTS

Justyna Michna, Silvia Irusta, Agnieszka Kyzioł.....	7
Preparation of Alginate and Chitosan Fibers by Electrospinning Method	
Wojciech Tomczyk.....	21
Do Not Let the Dead Bite! Different Scenarios of the Zombie Epidemic Reexamined	
Anna Zembala.....	35
Communication Model in the Doctor-Patient Relationship	
Anna Bazarnik, Katarzyna Gąsiorek.....	51
<i>American Cat</i> , or Cats and Humans in Neuroscience	
Przemysław Gajda-Morszewski, Klaudyna Śpiewak.....	67
Medical Applications of Lactoferrin	
About the Contributors.....	77

JUSTYNA MICHNA\*, SILVIA IRUSTA\*\*, AGNIESZKA KYZIOŁ\*  
(UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI\*, UNIVERSITY OF ZARAGOZA\*\*,  
NETWORKING RESEARCH CENTER ON BIOENGINEERING, BIOMATERIALS AND NANOMEDICINE\*\*)

## OTRZYMYWANIE WŁÓKIEN ALGINIANOWYCH I CHITOZANOWYCH METODĄ ELEKTROPRZĘDZENIA

### STRESZCZENIE

Elektroprzędzenie (ang. *electrospinning*) jest prostą i efektywną techniką pozwalającą na produkcję włókien polimerowych. W metodzie elektroprzędzenia siły elektrostatyczne są używane do produkcji włókien lub sfer o różnej morfologii i rozmiarach w skali mikro- i nanometrów. Obecnie ponad 100 polimerów, naturalnych i syntetycznych, zostało z powodzeniem wytworzonych w procesie elektroprzędzenia. Na proces elektroprzędzenia wpływa wiele parametrów, między innymi lepkość roztworu, średnia masa cząsteczkowa polimeru, przyłożone napięcie, prędkość przepływu.

Elektroprzędzenie biopolimerów, alginianu i chitozanu jest wyzwaniem. Te dwa naturalne polimery charakteryzują się niską toksycznością, biodegradowalnością i właściwościami antybakteryjnymi, co jest szeroko wykorzystywane i pożądane w aplikacjach biomedycznych. W prezentowanej pracy omówiono wpływ warunków elektroprzędzenia na proces otrzymywania włókien alginianowych domieszkowanych poli(tlenkiem etylenu) i włókien chitozanowych otrzymywanych z roztworu kwasu trifluoroctowego i dichlorometanu.

### SŁOWA KLUCZOWE

elektroprzędzenie, włókna, alginian, chitozan

### INFORMACJE O AUTORKACH

Justyna Michna  
Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydział Chemii  
Uniwersytet Jagielloński  
e-mail: justyna\_michna@interia.pl

Agnieszka Kyzioł  
Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydział Chemii  
Uniwersytet Jagielloński  
e-mail: kyzioł@chemia.uj.edu.pl

Silvia Irusta  
Department of Chemical Engineering and Nanoscience, Institute of Aragon (INA)  
University of Zaragoza  
Networking Research Center on Bioengineering, Biomaterials and Nanomedicine,  
CIBERBBN, 50018 Zaragoza, Spain  
e-mail: sirusta@unizar.es

---

## WSTĘP

Elektroprzędzenie jest procesem, w którym siły elektrostatyczne używane są do produkcji włókien i nanowłókien. Termin elektroprzędzenie wywodzi się ze słów „elektrostatyczne przędzenie”. Po raz pierwszy użycie techniki elektroprzędzenia odnotowano w 1934 roku, kiedy to Anton Formhals wydał serię patentów opisującą eksperymentalny proces otrzymywania włókien polimerowych przy użyciu prądu elektrycznego. Obecnie elektroprzędzenie wzbudza szerokie zainteresowanie w nanotechnologii, będąc techniką prostą w użyciu, niewymagającą wysokich nakładów pieniężnych oraz umożliwiającą efektywne otrzymywanie struktur włóknistych lub włókien o średnicach rzędu mikro- lub nanometrów. Obecnie około 100 różnych polimerów, zarówno syntetycznych, jak i naturalnych, zostało z powodzeniem poddanych procesowi elektroprzędzenia. Materiały uzyskane metodą elektroprzędzenia charakteryzują się niezwykle wysokim stosunkiem powierzchni na jednostkę masy, wysoką porowatością, doskonałymi właściwościami mechanicznymi oraz elastycznością<sup>1</sup>. Kolejnym ważnym aspektem jest możliwość modyfikacji włókien, na przykład tworzenie struktur typu *core-shell*<sup>2</sup>, czy funkcjonalizacji powierzchni włókien, na przykład immobilizacja enzymów<sup>3</sup>. Wszystkie te cechy sprawiają, że nanowłókna uzyskane techniką elektroprzędzenia posiadają szerokie biomedyczne

---

<sup>1</sup> Z. M. Huang, Y. Z. Zhang, M. Kotaki, S. Ramakrishna, *A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites*, “Composites Science and Technology” 2003, No. 63, s. 2223–2253.

<sup>2</sup> M. Pakravan, M. C. Heuzey, A. Ajji, *Core-shell Structured PEO-Chitosan Nanofibers by Coaxial Electrospinning*, “Biomacromolecules” 2012, s. 412–421.

<sup>3</sup> Z. G. Wang, L. S. Wan, Z. M. Liu, X. J. Huang, Z. K. Xu, *Enzyme Immobilization on Electrospun Polymer Nanofibers: An Overview*, “Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic” 2009, No. 56, s. 189–195.

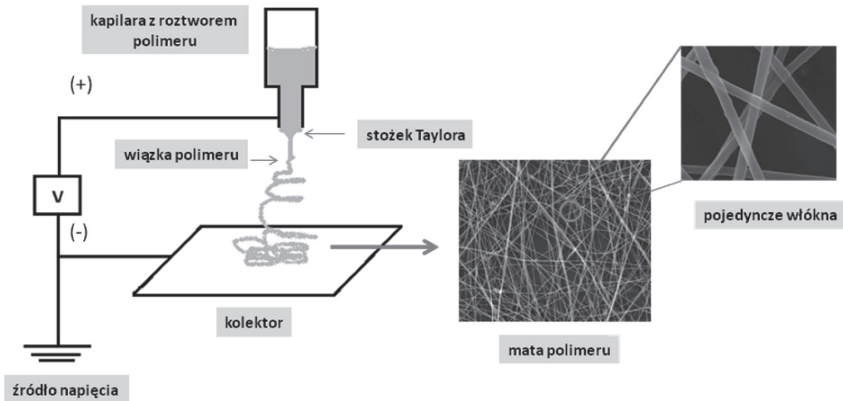


zastosowanie między innymi jako opatrunki medyczne, rusztowania w inżynierii tkankowej czy systemy kontrolowanego dostarczania leków<sup>4</sup>. W niniejszej pracy technikę elektroprzędzenia przedstawiono na przykładzie otrzymywania włókien alginianowych i chitozanowych.

## BUDOWA URZĄDZENIA DO ELEKTROPRZĘDZENIA NANOWŁÓKIEN I OPIS PROCESU

Urządzenie do elektroprzędzenia nanowłókien złożone jest z trzech elementów: źródła wysokiego napięcia, kapilary (strzykawki) zakończonej pipetą lub igłą o małych średnicach oraz kolektora (Ryc. 1)<sup>5</sup>.

Ryc. 1. Schemat zestawu do otrzymywania nanowłókien metodą elektroprzędzenia



Źródło: opracowanie własne.

<sup>4</sup> K. Y. Lee, L. Jeong, Y. O. Kang, S. J. Lee, W. H. Park, *Electrospinning of Polysaccharides for Regenerative Medicine*, "Advanced Drug Delivery Reviews" 2009, No. 61, s. 1020–1032.

<sup>5</sup> D. G. Yu, L. M. Zhu, K. White, C. Branford-White, *Electrospun Nanofiber-based Drug Delivery Systems*, "Health" 2009, No. 2, s. 67–75.

W technice elektroprzędzenia silne pole elektryczne przykładane jest do ciekłego polimeru, w wyniku czego następuje rozkład ładunków elektrycznych na powierzchni kropli polimeru wychodzącej z pipety lub igły. Jedna elektroda, o dodatnim potencjale, podpięta jest do kapilary z roztworem polimeru, druga, o ujemnym potencjale, do kolektora. Kiedy wzrasta napięcie elektryczne, znajdująca się u wyjścia igły kapilary półkolistą powierzchnią polimeru ulega wydłużeniu i tworzy charakterystyczny stożkowy kształt zwany stożkiem Taylora. Dalszy wzrost napięcia elektrycznego, aż do krytycznej wartości, powoduje, że siły kulombowskie, odpowiadające za odpychanie się przeciwnych ładunków, przewyżniają siły napięcia powierzchniowego kropli polimeru. Rozładowana wiązka roztworu polimeru zostaje wyrzucona z końcówki kapilary w kierunku kolektora. W międzyczasie rozpuszczalnik ulega odparowaniu, a na kolektorze zbierane są włókna<sup>6</sup>.

## WARUNKI ELEKTROPRZĘDZENIA

Zmienne układu, które warunkują otrzymanie włókien polimerowych, możemy podzielić na trzy grupy: właściwości roztworu, parametry układu oraz warunki zewnętrzne.

### 1. WŁAŚCIWOŚCI ROZTWORU

Najważniejszą rolę w formowaniu włókien pełni stężenie polimeru w próbce. Odpowiednio operując stężeniem, możemy otrzymać różnorodne struktury polimerów, takie jak na przykład cząstki, sfery czy włókna. Przeważnie zwiększając stężenie polimeru w próbce, zwiększamy wielkość otrzymanych włókien. Zmiana stężenia polimeru wpływa na lepkość roztworu definiowaną jako splątanie łańcuchów cząsteczek polimeru. W rozcieńczonym roztworze odległości między łańcuchami są duże, dlatego nie dochodzi do oddziaływań pomiędzy pojedynczymi łańcuchami. Roztwory o dużej lepkości mogą powodować zapychanie igły i trudności z wyrzutem wiązki polimeru. W związku z tym, że stężenie i lepkość związane są ze średnią masą cząsteczkową polimeru, to ona w głównej mierze wpływa na wzrost stężenia roztworu i jego lepkości. Napięcie powierzchniowe oraz przewodnictwo elektryczne roztworu również wpływają na jakość powstałych włókien. Aby wiązka polimeru została wyrzucona z igły urządzenia do elektroprzędzenia nanowłókien, ładunki zakumulowane na powierzchni kropli roztworu muszą

---

<sup>6</sup> Ibidem; M. Zamani, M. P. Prabhakaran, S. Ramakrishna, *Advances in Drug Delivery Via Electrospun and Electrosprayed Nanomaterials*, "International Journal of Nanomedicine" 2013.

przewyciężyć siły jego napięcia powierzchniowego. Napięcie powierzchniowe większości rozpuszczalników organicznych jest niskie, natomiast w przypadku wody jest ono wysokie. Z tego powodu elektroprzędzenie z wodnych roztworów jest trudne do wykonania. Pomocne w tym przypadku może okazać się użycie substancji powierzchniowo czynnych, tak zwanych surfaktantów.

## 2. PARAMETRY UKŁADU

W procesie wytwarzania nanowłókien kolejnym parametrem jest wielkość pola elektrycznego wywołującego formowanie strumienia polimeru między końcem igły a kolektorem. Z kolei szybkość przepływu roztworu ze strzykawki do igły decyduje o morfologii otrzymanyh włókien. Ogólnie, im niższa szybkość przepływu, tym lepiej, ponieważ dzięki temu polimer otrzymuje odpowiedni czas do zajścia procesu polaryzacji ładunków. Należy również zwrócić uwagę na dystans między końcówką igły a kolektorem. To, czy wiązka polimeru zostanie uformowana prawidłowo i czy rozpuszczalnik zdąży ulec odparowaniu, uwarunkowane jest właśnie dystansem igła – kolektor.

## 3. WARUNKI ZEWNĘTRZNE

Warunki zewnętrzne wpływające na morfologię i wielkości włókien to na przykład wilgotność. Niska wilgotność może powodować szybsze parowanie rozpuszczalnika, natomiast wysoka wilgotność wpływa na neutralizację ładunków rozłożonych na powierzchni polimeru, co obniża zdolności wiązki polimeru do rozciągania<sup>7</sup>.

## ALGINIAN I CHITIZAN

W pracy poddawano elektroprzędzeniu dwa biopolimery: alginian i chitozan. Alginian jest anionowym polisacharydem zbudowanym z reszt kwasu  $\beta$ -D-mannurowego (bloki M) i  $\alpha$ -L-guluronowego (bloki G) połączonych wiązaniem  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-glikozydowym. Otrzymywany jest ze ścian komórkowych brązowych alg. Jest związkiem bardzo dobrze rozpuszczalnym w wodzie<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Z. Li, C. Wang, *One-Dimensional Nanostructures*, Springer Briefs in Materials, Chapter 2, 2013; *Solution Properties*, [online] <http://electrospintech.com/solution.html#VhPrqka9FC5> [dostęp: 23 X 2015].

<sup>8</sup> A. Watthanaphanit, P. Supaphol, T. Furuike, S. Tokura, H. Tamura, R. Rujiravanit, *Novel Chitosan-Spotted Alginate Fibers from Wet-Spinning of Alginate Solutions Containing Emulsified Chitosan-Citrate Complex and their Characterization*, "Biomacromolecules" 2009, No. 10, s. 320–327.

Natomiast chitozan to kationowy polisacharyd, pochodna chityny, zbudowany z powtarzających się jednostek  $\beta$ -D-glukozaminy i N-acetylo-D-glukozaaminy połączonych wiązaniem  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-glikozydowym. Właściwości fizykochemiczne roztworów obu polimerów zależą od ich średnich mas cząsteczkowych oraz, w przypadku chitozanu, od stopnia deacetylacji. Zarówno alginian, jak i chitozan charakteryzuje niska toksyczność, brak immunogenności, pożądane właściwości antybakteryjne i antygrzybicze<sup>9</sup>.

Elektroprzędzenie alginianu i chitozanu jest wyzwaniem. W przypadku alginianu elektroprzędzenie z roztworów wodnych jest bardzo trudne do wykonania. Jest to spowodowane wysokim napięciem powierzchniowym i wysokim przewodnictwem elektrycznym wodnego roztworu alginianu, a także sztywnością łańcuchów alginianowych wynikającą z obecności bloków G w jego strukturze<sup>10</sup>. Z kolei chitozan jako polikation w wodnym roztworze kwasu przyczynia się do wzrostu napięcia powierzchniowego roztworu, co utrudnia prawidłowy proces elektroprzędzenia lub prowadzi do powstawania włókien domieszkowanych sferami<sup>11</sup>.

## ELEKTROPRZĘDZENIE ALGINANU

Celem prowadzonych badań był dobór odpowiednich warunków elektroprzędzenia włókien alginianowych, które można by było poddawać dalszej funkcjonalizacji. W związku z tym, w celu obniżenia napięcia powierzchniowego wodnego roztworu alginianu zastosowano dodatek poli(tlenku etylenu), który tworząc wiązania wodorowe z alginianem, powoduje obniżenie napięcia między jego łańcuchami, wzmagając ich splątanie<sup>12</sup>. PEO przyczynia się również do wzrostu lepkości roztworu oraz przewodnictwa elektrycznego<sup>13</sup>. Podjęto

<sup>9</sup> K. Y. Lee, L. Jeong, Y. O. Kang, S. J. Lee, W. H. Park, op. cit.

<sup>10</sup> C. D. Saquing, C. Tang, B. Monian, C. A. Bonino, J. L. Manasco, E. Alsberg, S. A. Khan, *Alginate-Polyethylene Oxide Blend Nanofibers and the Role of the Carrier Polymer in Electrospinning*, "Industrial and Engineering Chemistry Research" 2013, No. 52, s. 8692–8704; C. A. Bonino, M. D. Krebs, C. D. Saquing, S. I. Jeong, K. L. Shearer, E. Alsberg, S. A. Khan, *Electrospinning Alginate-based Nanofibers: From Blends to Crosslinked Low Molecular Weight Alginate-only Systems*, "Carbohydrate Polymers" 2011, No. 85, s. 111–119.

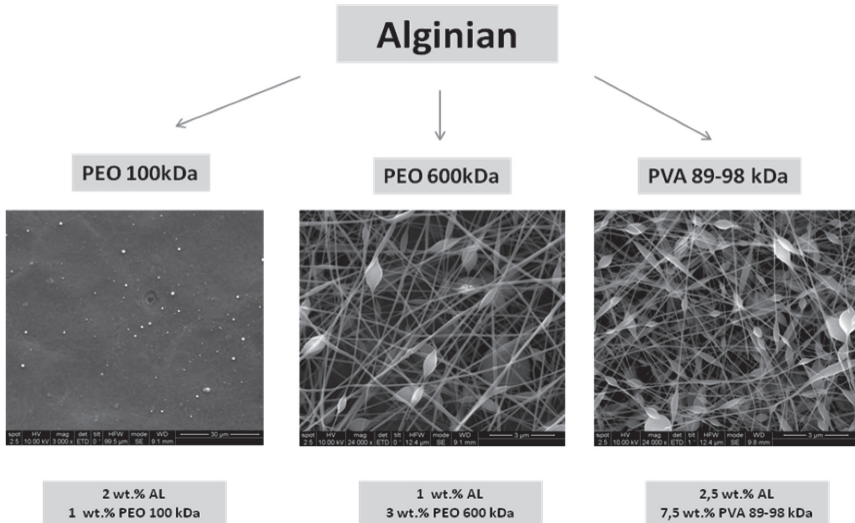
<sup>11</sup> K. Y. Lee, L. Jeong, Y. O. Kang, S. J. Lee, W. H. Park, op. cit.

<sup>12</sup> W. Shen, Y.-L. Hsieh, *Biocompatible Sodium Alginate Fibers by Aqueous Processing and Physical Crosslinking*, "Carbohydrate Polymers" 2014, No. 102, s. 893–900.

<sup>13</sup> C. D. Saquing, C. Tang, B. Monian, C. A. Bonino, J. L. Manasco, E. Alsberg, S. A. Khan, *Alginate-Polyethylene Oxide Blend Nanofibers and the Role of the Carrier Polymer in Electrospinning*, "Industrial and Engineering Chemistry Research" 2013, No. 52, s. 8692–8704.

także próby domieszkowania poli(alkoholem winylowym) o średniej masie cząsteczkowej 89–98 kDa.

Ryc. 2. Zdjęcia SEM włókien alginianu (AL) domieszkowanych różnymi polimerami syntetycznymi: poli(tlenkiem etylenu) PEO oraz poli(alkoholem winylowym) PVA



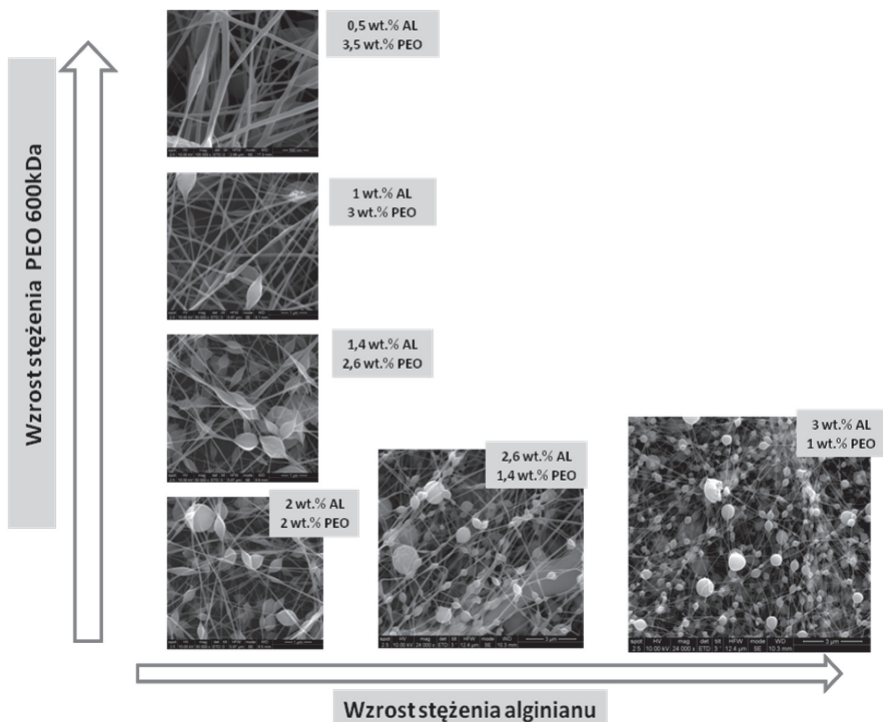
Źródło: opracowanie własne.

W wyniku elektroprzędzenia alginianu z PEO o średniej masie cząsteczkowej 100 kDa otrzymano jedynie pojedyncze cząstki polimerów (Ryc. 2), co spowodowane było prawdopodobnie zbyt niską średnią masą cząsteczkową PEO. Zwiększenie masy PEO do 600 kDa skutkowało otrzymaniem włókien domieszkowanych koralikami (Ryc. 2). Stwierdzono, że im dłuższe łańcuchy polimeru, tym większa zdolność polimeru do elektroprzędzenia z powodu większej elastyczności oraz łatwiejszego splątania łańcuchów<sup>14</sup>. Przeprowadzono próby doboru stosunku wagowego alginianu do PEO 600 kDa, tak aby wyeliminować powstawanie sfer wbudowanych w otrzymane włókna alginianowe. W przypadku próbek z więk-

<sup>14</sup> W. Shen, Y.-L. Hsieh, op. cit.; H. Nie, A. He, W. Wu, J. Zheng, S. Xu, J. Li, C. C. Han, *Effect of Poly(ethylene Oxide) with Different Molecular Weights on the Electrospinnability of Sodium Alginate*, "Polymer" 2009, No. 50, 4926–4934.

szym stężeniem PEO 600 kDa parametry układu pozostawały niezmiennie: szybkość przepływu była równa 1 ml/h, odległość końcówka igły – kolektor wynosiła 15 cm, a przykładane ujemne napięcie wynosiło -3,0 kV. Zmieniano jedynie napięcie na dodatniej elektrodzie, wraz ze wzrostem stężenia PEO 600 kDa używano coraz niższego napięcia w celu ustabilizowania wiązki (od 10 kV do 6 kV). Stwierdzono, że im wyższa zawartość PEO 600 kDa w stosunku do alginianu w mieszaninie poddawanej elektroprzędzeniu, tym powstające włókna są w mniejszym stopniu domieszkowane sferami (Ryc. 3). Z kolei wraz ze wzrastającym stężeniem alginianu we włóknach, zmniejszając szybkość przepływu z 1 ml/h do 0,5 ml/h, z jednoczesnym podwyższaniem dodatniego napięcia z 10 kV do 11,5 kV (co zapewne spowodowane było wzrastającym napięciem powierzchniowym roztworu), otrzymywano włókna z koralikami.

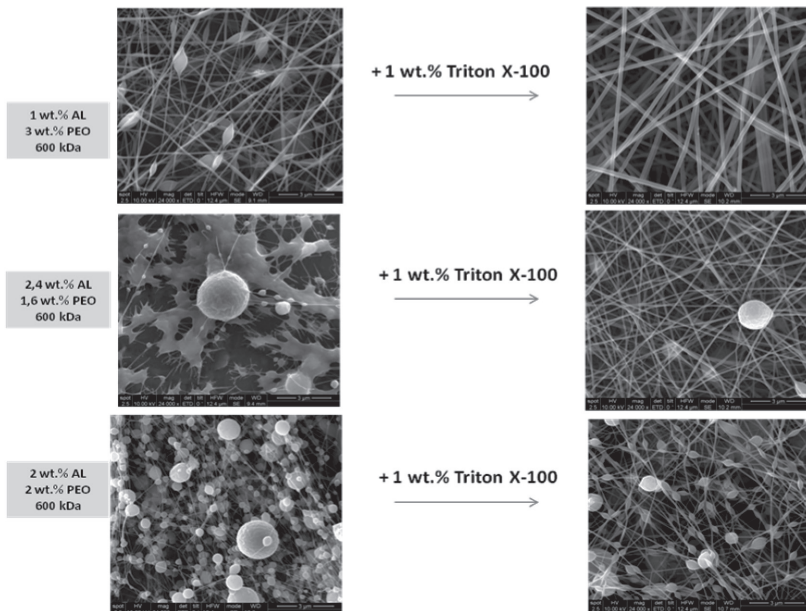
Ryc. 3. Zmiany morfologii włókien w wyniku zmian stężenia alginianu (AL) lub PEO 600 kDa



Źródło: opracowanie własne.

Zauważono także, że otrzymywane włókna posiadały w swej budowie liczne defekty. W związku z tym wprowadzono do mieszanin poddawanych procesowi przędzenia surfaktant Triton X-100 (Ryc. 4). Zadaniem surfaktantu było zmniejszenie napięcia powierzchniowego wodnego roztworu polimerów oraz poprawa zdolności roztworu do elektroprzędzenia<sup>15</sup>. Dodatek surfaktantu nie wymagał zmiany takich parametrów, jak szybkość przepływu (1 ml/h) i dystans igła – kolektor (15 cm), pozwolił natomiast na zmniejszenie wartości dodatniego napięcia do około 6 kV w przypadku każdej z próbek.

Ryc. 4. Zdjęcia SEM przedstawiające zmiany w strukturze włókien alginianu (AL) domieszkowanych PEO 600 kDa po dodatku surfaktantu



Źródło: opracowanie własne.

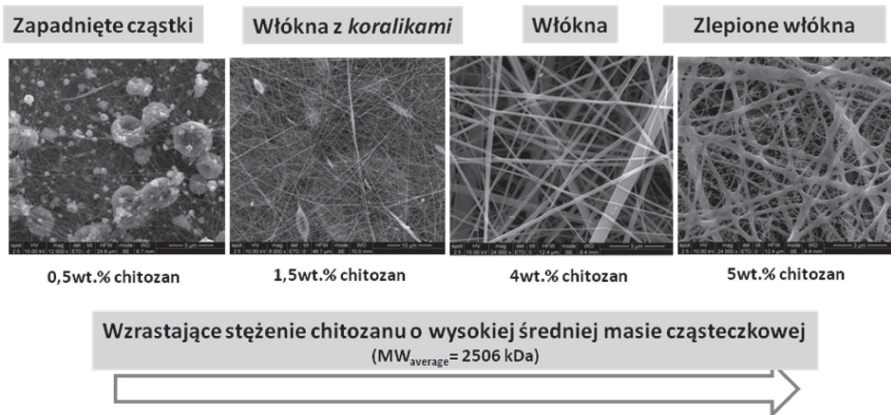
<sup>15</sup> W. Shen, Y.-L. Hsieh, op. cit.



## ELEKTROPRZĘDZENIE CHITOZANU

Elektroprzędzenie chitozanu o wysokiej średniej masie cząsteczkowej 2506 kDa przeprowadzano w roztworze kwasu trifluorooctowego i dichlorometanu zmieszanych w stosunku objętościowym 7:3<sup>16</sup>. Zaobserwowano wpływ stężenia chitozanu na morfologię otrzymanych włókien (Ryc. 5). Stopniowo zwiększając stężenie chitozanu, otrzymywano włókna o różnej morfologii. Przekraczając stężenie 4 wt.%, roztwór chitozanu był za lepki, co powodowało powstawanie zlepionych włókien. Stwierdzono, że odpowiedni dobór stężenia chitozanu oraz warunków elektroprzędzenia umożliwia otrzymanie włókien chitozanowych o różnej morfologii.

Ryc. 5. Zmiany morfologii chitozanu wraz ze zmianą stężenia roztworu



Źródło: opracowanie własne.

<sup>16</sup> M. Z. Elsabee, H. F. Naguib, R. E. Morsi, *Chitosan Based Nanofibers, Review*, "Materials Science and Engineering C" 2012, No. 32, s. 1711–1726.



## ELEKTROPRZĘDZENIE Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI RÓWNOCZESNEGO WSPÓŁOSIOWEGO ELEKTROFORMOWANIA

Metodą pozwalającą na otrzymanie dwuskładnikowych włókien o postaci rdzeń-powłoka jest technika równoczesnego współosiowego elektroformowania. Jest ona doskonałą metodą umożliwiającą połączenie dwóch polimerów oraz produkcję włókien o zwiększonej jakości i funkcjonalności. Technika równoczesnego współosiowego elektroformowania jest modyfikacją podstawowej techniki elektroprzędzenia, a istotną różnicą jest budowa igły kapilary, która składa się z dwóch części: wewnętrznej, przez którą wypływa roztwór rdzenia, i zewnętrznej, z roztworem powłoki. Roztwory pompowane są do igieł osobno, a ich połączenie następuje u wyjścia igły. Bardzo ważnym parametrem w procesie równoczesnego współosiowego elektroformowania jest dobór odpowiednich rozpuszczalników dla roztworów. Powinny one charakteryzować się dobrą mieszalnością oraz niskim napięciem powierzchniowym, aby doprowadzić do powstania stabilnego stożka Taylora. Ponadto nie powinny powodować wytrącenia któregoś z polimerów, kiedy ich roztwory spotkają się na końcu igły urządzenia do elektroprzędzenia nanowłókien<sup>17</sup>.

## APLIKACJA WŁÓKIEN

Biomedyczne zastosowanie włókien otrzymanych metodą elektroprzędzenia jest szerokie, poniżej przedstawiono kilka przykładów.

Nyguen et. al. wykazali, że kompozyty *core-shell* zbudowane z poli(kwasu mlekowego) PLA oraz chitozanu charakteryzują się wysoką aktywnością antibakteryjną przeciw bakteriom *E. coli*<sup>18</sup>. Z kolei Spasova et. al. pokazali wykorzystanie włókien złożonych z chitozanu/PEO w stosunku wagowym 1:1 jako układów do kontrolowanego dostarczania leków. Maty wykazywały aktywność cytotoksyczną wobec szczepów *E. coli*, *S. aureus* i *C. albicans*<sup>19</sup>. Również włókna alginianowe domieszkowane poli(alkoholem winylowym) znalazły zastosowanie jako systemy do kontrolowanego dostarczania ciprofloksacyny,

---

<sup>17</sup> F. Elahi, W. Lu, G. Guoping, F. Khan, *Core-shell Fibers for Biomedical Applications – A Review*, “Journal of Bioengineering & Biomedical Sciences” 2013, No. 3, s. 121.

<sup>18</sup> T.T. T. Nguyen, O. H. Chungb, J. S. Park, *Coaxial Electrospun Poly(lactic Acid)/Chitosan (Core/Shell) Composite Nanofibers and Their Antibacterial Activity*, “Carbohydrate Polymers” 2011, No. 86, s. 1799–1806.

<sup>19</sup> A. Spasova, N. Manolova, D. Paneva, I. Rashkov, *Preparation of Chitosan-containing Nanofibers by Electrospinning of Chitosan/Poly(ethylene Oxide) Blend Solutions*, “e-Polymers” 2013, No. 4.

modelowego leku przeciwdrobnoustrojowego<sup>20</sup>. Ma et al. donoszą, że włókna zbudowane z alginianu i PEO charakteryzują się niską toksycznością oraz umożliwiają swobodną proliferację komórek na powierzchni, co wskazuje na ich możliwe wykorzystanie jako rusztowania w inżynierii tkankowej<sup>21</sup>.

## PODSUMOWANIE

Celem artykułu było zaprezentowanie metody elektroprzędzenia. Technika ta pozwala na otrzymanie mikro- lub nanowłókien o szerokim zastosowaniu aplikacyjnym. W pracy pokazano, jak dobór odpowiednich warunków elektroprzędzenia, takich jak: lepkość, szybkość przepływu, napięcie elektryczne oraz dystans między igłą a kolektorem, pozwala na otrzymanie gładkich włókien alginianowych bądź chitozanowych. Ponadto, zwrócono uwagę na fakt, że elektroprzędzenie nie ogranicza się jedynie do produkcji włókien. Odpowiednio dobierając warunki eksperymentu, można otrzymać różnorakie formy morfologiczne polimeru, między innymi pojedyncze sfery. Prostota użytkowania, szybkość wykonania, możliwość wykorzystania ponad kilkudziesięciu polimerów to jedne z wielu zalet przedstawionej techniki. Włókna otrzymane metodą elektroprzędzenia mogą służyć między innymi jako systemy kontrolowanego dostarczania leku, rusztowania w inżynierii tkankowej czy medyczne opatrunki o właściwościach antymikrobiologicznych.

*This work was supported by Foundation for Polish Science within POMOST project "Alginate/chitosan core-shell beads with bioactive functionalities" (POMOST/2013-7/7).*

---

<sup>20</sup> K. Kataria, A. Gupta, G. Rath, R. B. Mathur, S. R. Dhakate, *In Vivo Wound Healing Performance of Drug Loaded Electrospun Composite Nanofibers Transdermal Patch*, "International Journal of Pharmaceutics" 2014, No. 469, s. 102–110.

<sup>21</sup> G. Ma, D. Fang, Y. Liu, X. Zhu, J. Nie, *Electrospun Sodium Alginate/Poly(ethylene Oxide) Core-Shell Nanofibers Scaffolds Potential for Tissue Engineering Applications*, "Carbohydrate Polymers" 2012, No. 87, s. 737–743.

## PREPARATION OF ALGINATE AND CHITOSAN FIBERS BY ELECTROSPINNING METHOD

Electrospinning is a simple and efficient method of polymer fibers fabrication. In this method electrostatic forces are used to obtain fibers or particles with different morphology and size from micro- to nanometers. Nowadays more than 100 polymers, natural or synthetic ones, have been successfully electrospun into fibers. Electrospinning process is affected by various different parameters such as viscosity, polymer's average molecular mass, voltage, flow rate, etc.

Electrospinning of biopolymers, alginate and chitosan, is difficult. Both of these polymers are non-toxic, biodegradable and possess antibacterial properties, all these properties are desirable in biomedical applications. In the presented work an influence of parameters of electrospinning on process of obtaining of alginate and chitosan fibers was presented and discussed. Alginate fibers were obtained with poly(ethylene oxide), while chitosan fibers were prepared from trifluoroacetic acid and dichloromethane solution.

### KEYWORDS

electrospinning, fibers, alginate, chitosan

### BIBLIOGRAFIA

1. Huang Z. M., Zhang Y. Z., Kotaki M., Ramakrishna S., *A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites*, "Composites Science and Technology" 2003, No. 63, s. 2223–2253.
2. Pakravan M., Heuzey M. C., Aji A., *Core-shell Structured PEO-Chitosan Nanofibers by Coaxial Electrospinning*, "Biomacromolecules" 2012, s. 412–421.
3. Wang Z. G., Wan L. S., Liu Z. M., Huang X. J., Xu Z. K., *Enzyme Immobilization on Electrospun Polymer Nanofibers: An Overview*, "Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic" 2009, No. 56, s. 189–195.
4. Lee K. Y., Jeong L., Kang Y. O., Lee S. J., Park W. H., *Electrospinning of Polysaccharides for Regenerative Medicine*, "Advanced Drug Delivery Reviews" 2009, No. 61, s. 1020–1032.
5. Yu D. G., Zhu L. M., White K., Branford-White C., *Electrospun Nanofiber-based Drug Delivery Systems*, "Health" 2009, No. 2, s. 67–75.
6. Zamani M., Prabhakaran M. P., Ramakrishna S., *Advances in Drug Delivery Via Electrospun and Electrospayed Nanomaterials*, "International Journal of Nanomedicine" 2013.
7. Li Z., Wang C., *One-Dimensional Nanostructures*, Springer Briefs in Materials, Chapter 2, 2013.
8. *Solution Properties*, [online] <http://electrospintech.com/solution.html#.VhPrqka9FC5> [dostęp: 23 X 2015].
9. Watthanaphanit A., Supaphol P., Furuie T., Tokura S., Tamura H., Rujiravanit R., *Novel Chitosan-Spotted Alginate Fibers from Wet-Spinning of Alginate Solutions*

- Containing Emulsified Chitosan-Citrate Complex and their Characterization*, "Biomacromolecules" 2009, No. 10, s. 320–327.
10. Saquing C. D., Tang C., Monian B., Bonino C. A., Manasco J. L., Alsborg E., Khan S. A., *Alginate-Polyethylene Oxide Blend Nanofibers and the Role of the Carrier Polymer in Electrospinning*, "Industrial and Engineering Chemistry Research" 2013, No. 52, s. 8692–8704.
  11. Bonino C. A., Krebs M. D., Saquing C. D., Jeong S. I., Shearer K. L., Alsborg E., Khan S. A., *Electrospinning Alginate-based Nanofibers: From Blends to Crosslinked Low Molecular Weight Alginate-only Systems*, "Carbohydrate Polymers" 2011, No. 85, s. 111–119.
  12. Shen W., Hsieh Y.-L., *Biocompatible Sodium Alginate Fibers by Aqueous Processing and Physical Crosslinking*, "Carbohydrate Polymers" 2014, No. 102, s. 893–900.
  13. Saquing C. D., Tang C., Monian B., Bonino C. A., Manasco J. L., Alsborg E., Khan S. A., *Alginate-Polyethylene Oxide Blend Nanofibers and the Role of the Carrier Polymer in Electrospinning*, "Industrial and Engineering Chemistry Research" 2013, No. 52, s. 8692–8704.
  14. Nie H., He A., Wu W., Zheng J., Xu S., Li J., Han C. C., *Effect of Poly(ethylene Oxide) with Different Molecular Weights on the Electrospinnability of Sodium Alginate*, "Polymer" 2009, No. 50, 4926–4934.
  15. Elsabee M. Z., Naguib H. F., Morsi R. E., *Chitosan Based Nanofibers, Review*, "Materials Science and Engineering C" 2012, No. 32, s. 1711–1726.
  16. Elahi F., Lu W., Guoping G., Khan F., *Core-shell Fibers for Biomedical Applications – A Review*, "Journal of Bioengineering & Biomedical Sciences" 2013, No. 3, s. 121.
  17. Nguyen T.T. T., Chungb O. H., Park J. S., *Coaxial Electrospun Poly(lactic Acid)/Chitosan (Core/Shell) Composite Nanofibers and Their Antibacterial Activity*, "Carbohydrate Polymers" 2011, No. 86, s. 1799–1806.
  18. Spasova A., Manolova N., Paneva D., Rashkov I., *Preparation of Chitosan-containing Nanofibers by Electrospinning of Chitosan/Poly(ethylene Oxide) Blend Solutions*, "e-Polymers" 2013, No. 4.
  19. Kataria K., Gupta A., Rath G., Mathur R. B., Dhakate S. R., *In Vivo Wound Healing Performance of Drug Loaded Electrospun Composite Nanofibers Transdermal Patch*, "International Journal of Pharmaceutics" 2014, No. 469, s. 102–110.
  20. Ma G., Fang D., Liu Y., Zhu X., Nie J., *Electrospun Sodium Alginate/Poly(ethylene Oxide) Core-Shell Nanofibers Scaffolds Potential for Tissue Engineering Applications*, "Carbohydrate Polymers" 2012, No. 87, s. 737–743.

WOJCIECH TOMCZYK  
(JAGIELLONIAN UNIVERSITY)

DO NOT LET THE DEAD BITE!  
DIFFERENT SCENARIOS OF THE ZOMBIE  
EPIDEMIC REEXAMINED

ABSTRACT

The Zombie Epidemic is a fun framework for investigating different scenarios of spreading disease. An extended *Kermack – McKendrick* model is analyzed. The only thing that can save humanity is to not get bitten or to find a remedy for the "zombie virus" (both almost impossible).

KEYWORDS

Zombie, epidemic, Kermack – McKendrick model, ordinary differential equations

ABOUT THE AUTHOR

Wojciech Tomczyk  
Marian Smoluchowski Institute of Physics  
Jagiellonian University in Kraków  
e-mail: wojciech.tomczyk@doctoral.uj.edu.pl

## INTRODUCTION

Zombies are fictional undead creatures (Figure 1), brought to life by magic<sup>1</sup> or by a virus.<sup>2</sup> Commonly found in horror and fantasy genre works,<sup>3</sup> zombies have been regarded as mindless, reanimated human corpses feeding on human flesh.<sup>4</sup> However, originally zombies are deeply rooted in tribal beliefs and rituals.<sup>5</sup>

Figure 1. Zombie from the TV series “The Walking Dead”



Source: <http://amc.com/shows/the-walking-dead> [accessed: 8.12.2015].

---

<sup>1</sup> W. Booth, *Voodoo Science*, “Science” 1988, No. 240, p. 274.

<sup>2</sup> D. Crisite, S. J. Lauro, *Better Off Dead: The Evolution of the Zombie as Post-Human*, New York 2011, p. 169.

<sup>3</sup> *List of Zombies Films*, [Online] [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_zombie\\_films](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_zombie_films) [accessed: 8.12.2015].

<sup>4</sup> M. Mogk, *Everything You Ever Wanted to Know About Zombies*, New York 2011, p. 214.

<sup>5</sup> E. B. Edmonds, M. A. Gonzalez, *Caribbean Religious History: An Introduction*, New York 2010, p. 111.

Recently the zombie subject has started to blossom in bio-mathematical science as a fairly good framework for simulating the spread of disease.<sup>6</sup> Nonetheless, the main question stayed the same: can we withstand a zombie apocalypse?<sup>7</sup> What can happen and what shall people do to survive? In this work four possible scenarios based on the Kermack–McKendrick model<sup>8</sup> will be described.

## MODELS

For the purpose of this article we will be considering six distinct classes:

Susceptibles ( $S$ ) – human population,

Infected ( $I$ ) – those who carry a “zombie virus”,

Zombies ( $Z$ ) – those who lost an encounter with a zombie or were resurrected,

Quarantined ( $Q$ ) – those under hospitalization,

Removed ( $R$ ) – those who died after an encounter with a zombie or permanently killed zombies (decapitation),

Unaffected ( $U$ ) – those who are immune to the “zombie virus” forever.

A relatively short timescale<sup>9</sup> will be taken (up to 200 units of time regarded as days). Birth and background death rates are ignored.

---

<sup>6</sup> D. Calderhead, M. Girolami, D. J. Higham, *Is It Safe to Go Out Yet? Statistical Inference in a Zombie Outbreak Model*, “Department of Mathematics and Statistics Research Report” 2010, No. 6, p. 1; P. Munz, I. Hudea, J. Imad, R. J. Smith, *When Zombies Attack!: Mathematical Modelling of An Outbreak of Zombie Infection*, [in:] *Infectious Disease Modelling Research Progress*, eds. J. M. Tchuenche, C. Chiyaka, Ottawa 2011; M. Crossley, M. Amos, *SimZombie: A Case-Study in Agent-Based Simulation Construction*, “Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications Lecture Notes in Computer Science” 2011, No. 6682, p. 514; R. Smith?, *Mathematical Modelling of Zombies*, Ottawa 2013; A. A. Alemi, M. Bierbaum, C. R. Myers, J. P. Sethna, *You Can Run, You Can Hide: The Epidemiology and Statistical Mechanics of Zombies*, “Physical Review E” 2015, No. 92, p. 052801, DOI: PhyRevE.92.052801.

<sup>7</sup> T. C. Smith, *Zombie Infections: Epidemiology, Treatment, and Prevention*, “The British Medical Journal” 2015, No. 351:h6423, DOI: 10.1136/bmj.h6423.

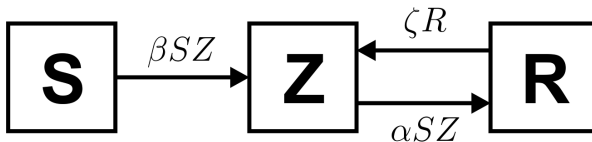
<sup>8</sup> W. O. Kermack, A. G. McKendrick, *A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics*, “Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences” 1927, No. 115 (772), p. 700.

<sup>9</sup> Values of ( $S$ ), ( $I$ ), ( $Z$ ), ( $Q$ ), ( $R$ ) and ( $U$ ) are time dependent and their derivative over time will be marked by a dotted symbol, i.e.  $\dot{S} \equiv dS/dt$ .

## SZR

The SZR model (Figure 2) is one of the simplest ones. Susceptibles, can become zombies through transmission via an encounter with a zombie (transmission parameter  $\beta$ ) and by being resurrected from the removed class (parameter  $\zeta$ ). Zombies can be moved to the removed class only by decapitation (parameter  $\alpha$ ).

Figure 2. SZR model



Source: Own work.

In overall, this model is described by three ordinary differential equations (ODEs):<sup>10</sup>

$$\begin{aligned}
 \dot{S} &= -\beta SZ, \\
 \dot{Z} &= \beta SZ + \zeta R - \alpha SZ, \\
 \dot{R} &= \alpha SZ - \zeta R.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

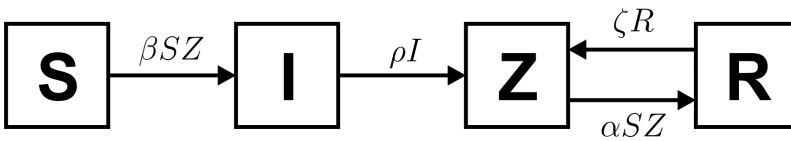
<sup>10</sup> G. Teschl, *Ordinary Differential Equations and Dynamical Systems*, “Graduate Studies in Mathematics” 2012, No. 140.



## SIZR

The SIZR model (Figure 3) is an extension of the SZR model. In contradiction to the previous model, here we adopt a "more realistic" scenario of a zombie outbreak where susceptibles are initially infected with a "zombie virus" (latent infection which lasts 24 hours). In this scheme susceptibles move to an infected class and remain there for some period of time before becoming a zombie.

Figure 3. SIZR model



Source: Own work.

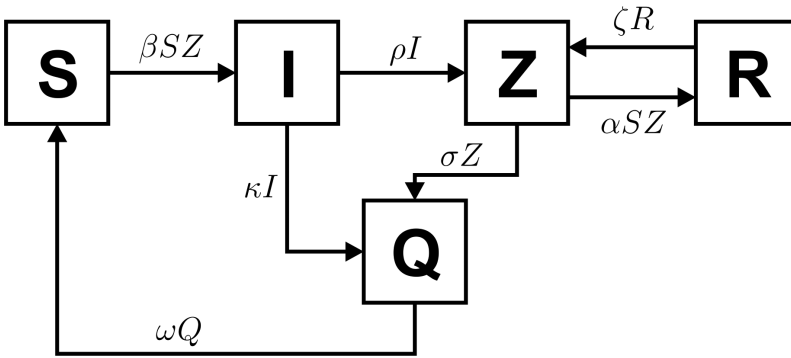
The time evolution is described by the following set of equations:

$$\begin{aligned}
 \dot{S} &= -\beta SZ, \\
 \dot{I} &= \beta SZ - \rho I, \\
 \dot{Z} &= \rho I + \zeta R - \alpha SZ, \\
 \dot{R} &= \alpha SZ - \zeta R.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

SIZRQ

In this model we add a quarantine class which contains members of the infected or zombie population (entering at rates  $\kappa$  and  $\sigma$ , respectively). Those members are bound to be hospitalized under the threat of being eradicated if something goes wrong. When a quarantined patient is cured, he or she once again becomes susceptible (parameter  $\omega$ ). The scheme is presented in Figure 4.

Figure 4. SIZRQ model



Source: Own work.

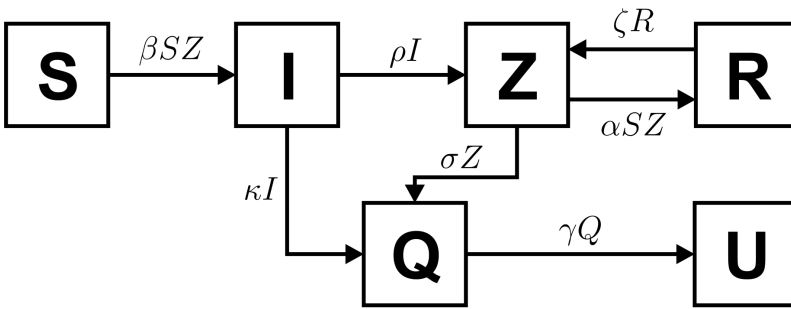
The equations describing SIZRQ model are:

$$\begin{aligned}
 \dot{S} &= -\beta SZ + \omega Q, \\
 \dot{I} &= \beta SZ - \rho I - \kappa I, \\
 \dot{Z} &= \rho I + \zeta R - \alpha SZ - \sigma Z, \\
 \dot{R} &= \alpha SZ - \zeta R, \\
 \dot{Q} &= \kappa I + \sigma Z - \omega Q.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

## SIZRQU

In contradiction to the SIZRQ model, when a quarantined patient is cured, he or she becomes immune to the "zombie virus" forever (parameter  $\gamma$ ). This can only happen after being exposed to contact with a zombie. Preventative vaccination will not make someone permanently immune. The scheme is presented in Figure 5.

Figure 5. SIZRQU model



Source: Own work.

The equations describing SIZRQU model are:

$$\begin{aligned}
 \dot{S} &= -\beta SZ, \\
 \dot{I} &= \beta SZ - \rho I - \kappa I, \\
 \dot{Z} &= \rho I + \zeta R - \alpha SZ - \sigma Z, \\
 \dot{R} &= \alpha SZ - \zeta R, \\
 \dot{Q} &= \kappa I + \sigma Z - \gamma Q, \\
 \dot{U} &= \gamma Q.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

## RESULTS

Table 1 shows the values of the used parameters. The initial population of susceptibles was set to 1000, zombies to 1 and the rest to 0 (see section Models). Numerical calculations were done in *Mathematica* 10.3<sup>11</sup>.

Table 1. Parameters and their values for adopted “toy” models

Parameter	Value
$\alpha$	0.007
$\beta$	0.008
$\gamma$	0.3
$\zeta$	0.8
$\kappa$	0.05
$\rho$	0.7
$\sigma$	0.1
$\omega$	0.45

As one can see, a state with only an outgoing arrow will always have population 0 at  $t \rightarrow \infty$ . Furthermore, a state with only an ingoing arrow is an absorbing state (like  $U$  in Figure 5).

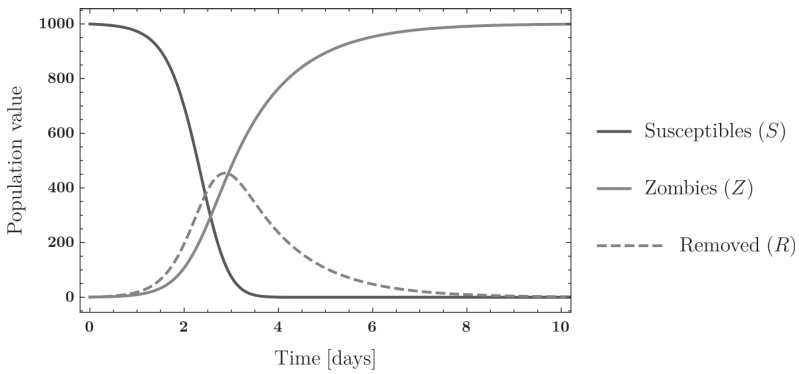
## SZR

The Zombie class overtakes the Removed after three days. The entire human population is eradicated (Figure 6) within four days.

---

<sup>11</sup> Wolfram Research, Inc., *Mathematica*, version 10.3, Champaign, IL (2015).

Figure 6. Numerical results for SZR model

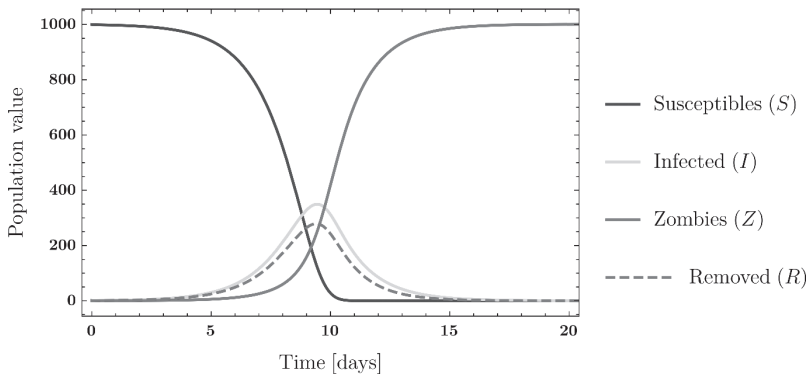


Source: Own work

## SIZR

The Zombie apocalypse occurs after ten days. The Infected and Removed class survive up to the fifteenth day. Eventually everyone is zombified (Figure 7).

Figure 7. Numerical results for SIZR model

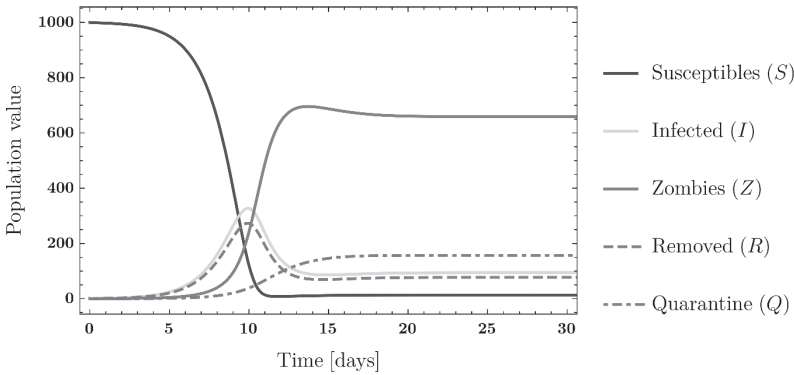


Source: Own work.

SIZRQ

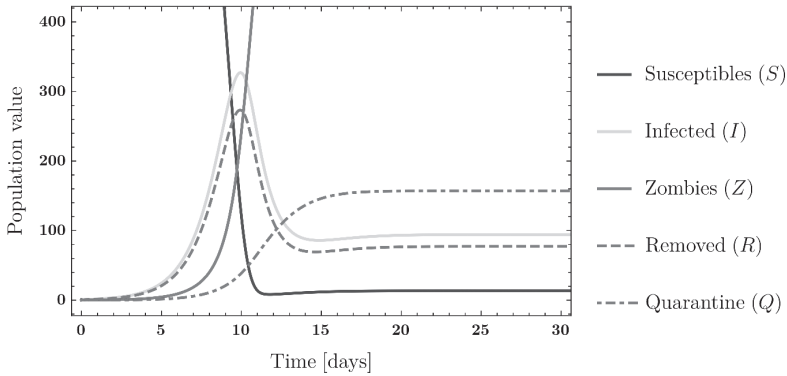
In this scenario the infected and zombified entities are quarantined at a fixed rate. We assume that it is always a successful venture and no one, who is hospitalized, ends in Removed class. However, those who are cured are becoming once again susceptibles. For this model as for the SIZR model the tenth day appears to be critical turning point. After thirty days, equilibrium is established between all classes (Figure 8 and 9). Data are shown in Table 2.

Figure 8. Numerical results for SIZRQ model



Source: Own work.

Figure 9. Magnification of part of Figure 8



Source: Own work.

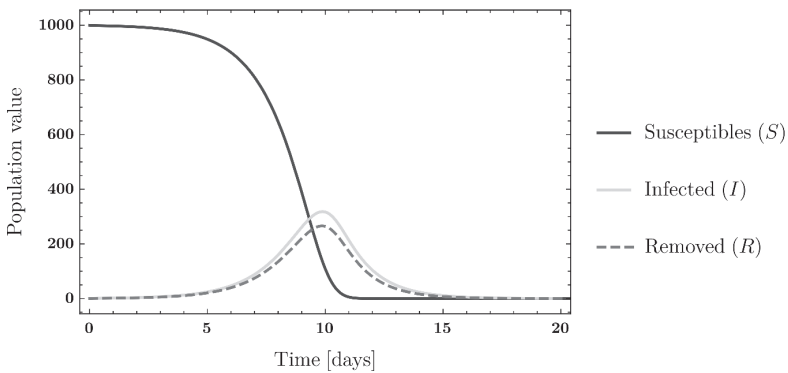
Table 2. Equilibrium state for all classes in SIZRQ model

Class	Population value
Zombies	659
Quarantine	157
Infected	94
Removed	77
Susceptibles	14

### SIZRQU

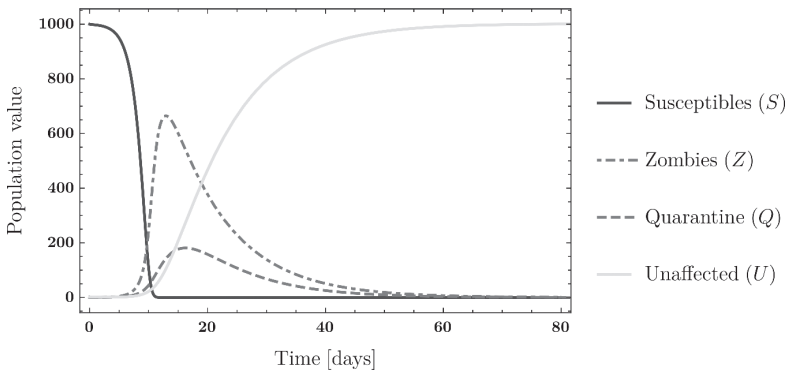
After ten days the population of immune people starts to grow. Henceforth there are no susceptibles and the Infected and Removed class start to decrease. Eighty days are enough to immunize people and get rid of all zombies (Figure 10 and 11).

Figure 10. Numerical results for SIZRQU model – SIR part



Source: Own work.

Figure 11. Numerical results for SIZRQU model – SZQU part



Source: Own work.

## CONCLUSIONS

In summary, humans in mostly all presented scenarios are overwhelmed by zombies, except for one where a miraculous vaccine makes people immune to the “zombie virus”. That means, that before the zombie outbreak, we have to support the development of vaccinations.

## BIBLIOGRAPHY

1. Alemi A. A., Bierbaum M., Myers C. R., Sethna J. P., *You Can Run, You Can Hide: The Epidemiology and Statistical Mechanics of Zombies*, “Physical Review E” 2015, No. 92.
2. Booth W., *Voodoo Science*, “Science” 1988, No. 240.
3. Calderhead D., Girolami M., Higham D. J., *Is It Safe to Go Out Yet? Statistical Inference in a Zombie Outbreak Model*, “Department of Mathematics and Statistics Research Report” 2010, No. 6.
4. Crisite D., Lauro S. J., *Better Off Dead: The Evolution of the Zombie as Post-Human*, New York 2011.
5. Crossley M., Amos M., *SimZombie: A Case-Study in Agent-Based Simulation Construction*, “Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications Lecture Notes in Computer Science” 2011, No. 6682.
6. Edmonds E. B., Gonzalez M. A., *Caribbean Religious History: An Introduction*, New York 2010.



7. Kermack W. O., McKendrick A. G., *A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics*, "Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences" 1927, No. 115 (772).
8. *List of Zombies Films*, [Online] [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_zombie\\_films](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_zombie_films) [accessed: 8.12.2015].
9. Mogk M., *Everything You Ever Wanted to Know About Zombies*, New York 2011.
10. Munz P., Hudea I., Imad J., Smith R. J., *When Zombies Attack!: Mathematical Modelling of An Outbreak of Zombie Infection*, [in:] *Infectious Disease Modelling Research Progress*, eds. J. M. Tchuente, C. Chiyaka, Ottawa 2011.
11. Smith T. C., *Zombie Infections: Epidemiology, Treatment, and Prevention*, "The British Medical Journal" 2015, No. 351:h6423, DOI: 10.1136/bmj.h6423.
12. Smith R., *Mathematical Modelling of Zombies*, Ottawa 2013.
13. Teschl G., *Ordinary Differential Equations and Dynamical Systems*, "Graduate Studies in Mathematics" 2012, No. 140.
14. Wolfram Research, Inc., *Mathematica*, version 10.3, Champaign, IL (2015).



ANNA ZEMBALA  
(UNIwersYTET JagIELLOŃSKI)

## MODELE KOMUNIKACYJNE W RELACJACH LEKARZ – PACJENT

### STRESZCZENIE

Przemiany zachodzące we współczesnym systemie opieki zdrowotnej wpłynęły na różne obszary funkcjonowania, między innymi na zmianę w relacji lekarz – pacjent. Wzrastają wymagania wobec personelu medycznego w obszarze relacji interpersonalnych z pacjentami zakładów opieki zdrowotnej. Wyniki licznych badań wskazują, że efektywna komunikacja lekarza z pacjentem wiąże się z lepszymi wskaźnikami zdrowia somatycznego, psychicznego i społecznego. Jest jedną z ważniejszych zmiennych mających wpływ na proces powrotu do zdrowia pacjenta, a także zapobieganie nawrotowi choroby.

Celem niniejszego artykułu jest porównanie modeli relacji lekarz – pacjent opartych na paradygmatach zdrowia, które w różnorodny sposób postrzegają chorobę i człowieka. Analiza oparta będzie na wiedzy teoretycznej oraz informacjach pozyskanych z wykorzystaniem obserwacji nieuczestniczącej.

### SŁOWA KLUCZOWE

paternalizm, autonomia, komunikacja, relacja lekarz – pacjent

### INFORMACJE O AUTORCE

Anna Zembala  
Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej  
Uniwersytet Jagielloński  
e-mail: tzem@o2.pl

## WPROWADZENIE

W starożytnej Grecji za czasów Platona i Arystotelesa relację między lekarzem a pacjentem określano jako przyjaźń lekarską. Hipokrates postrzegał chorych w sposób holistyczny. Medycyna była oparta na przesłankach racjonalnych, nakazywała wyciąganie wniosków dopiero po dogłębnej analizie i obserwacji pacjenta. XX wiek i paradygmat biomedyczny w nim obowiązujący zmieniły patrzenie na pacjenta. Zaczęto koncentrować się wyłącznie na biomedycznych przyczynach chorób, nie dostrzegając wpływu na zdrowie czynników psychicznych. Choroba była traktowana w kategoriach dolegliwości. Przełomowym momentem, który zmienił myślenie o człowieku w naukach medycznych, była nowa definicja zdrowia Światowej Organizacji Zdrowia z 1946 roku. Określała ona zdrowie już nie tylko jako brak choroby, ale jako pełen dobrostan fizyczny, psychiczny i społeczny. Nastąpił powrót do myślenia o zdrowiu i chorobie w kategoriach zbliżonych do myśli hipokratejskiej. Zaczęto na nowo podchodzić do chorego w sposób holistyczny.

Obecnie opieka zdrowotna zdążyła w kierunku uzyskania konkretnego modelu interakcji. Najbardziej aktualny jest model partnerski, którego celem jest współuczestnictwo pacjenta w procesie leczenia<sup>1</sup>. Tradycyjnym modelem relacji lekarz – pacjent jest model paternalistyczny, który ogranicza autonomię pacjenta. Modelem, w którym przykładana jest duża waga do wpływów środowiska, stosunków rodzinnych, problemów emocjonalnych, a lekarz współdziała z chorym i jego rodziną w formułowaniu diagnozy i planowaniu działania terapeutycznego, jest zaś model systemowo-partnerski.

Subiektywne doświadczenia badaczki wynikające z wizyt w gabinetach lekarskich oraz wiedza teoretyczna w opisywanym obszarze tematycznym pozwalają stwierdzić, że praktyka oraz potrzeby pacjentów nie są powiązane z założeniami przyjętymi w modelu systemowo-partnerskim.

Tabela 1. (s. 38–39) ukazuje porównanie trzech modeli relacji lekarz – pacjent.

## KOMUNIKACJA W MODELU PATERNALISTYCZNYM

Model paternalistyczny jest częścią tradycyjnej medycyny. Z języka łacińskiego ‘pater’ znaczy ‘ojciec’. Lekarza można zobrazować jako ojca, który chce dobra dla swojego dziecka, pomijając jego wolę i wolność. Dobro definiuje według własnego zdania, ograniczając lub nie zwracając w ogóle uwagi na autonomię chorego.

---

<sup>1</sup> M. Makara-Studzińska, *Komunikacja z pacjentem*, Lublin 2012.

Model ten wywodzi się z paradygmatu biomedycznego, w którym choroba spowodowana jest do wymiaru biologicznego. Człowiek postrzegany jest jak maszyna, a zadaniem lekarza jest interwencja w celu przywrócenia sprawności zaburzonych mechanizmów<sup>1</sup>.

Do modeli paternalistycznych zaliczamy zarówno model Talcotta Parsona (1951), jak i model Thomasa Stephena Szasza i Marca Hollendra (1956). Pierwszy ma radykalny charakter, drugi natomiast jest bardziej liberalny. W obydwu modelach relacja między lekarzem a pacjentem ma charakter asymetryczny. Model Talcotta Parsona ukazuje lekarza jako osobę, która podejmuje decyzje autorytatywne, ma prawo do całej osoby pacjenta pod względem fizycznym i psychicznym. Autorytet lekarza wynika z wiedzy i kompetencji, wpływa na niego również silna legitymizacja społeczna. W swoim działaniu lekarz ma kierować się trzema zasadami: uniwersalizmu, emocjonalnej neutralności oraz specyfiki funkcji. W modelu Thomasa Stephena Szaszy i Marca Hollendra relacja lekarz – pacjent uzależniona jest od stanu chorego i jego zdolności do aktywnego uczestniczenia w terapii. Model zakłada dominację lekarza i podporządkowanie pacjenta, ale w pewnych sytuacjach dopuszcza partnerstwo i współdziałanie.

W modelu paternalistycznym dominuje autorytarne podejście lekarza do pacjenta. Decyzje o wyborze najlepszego sposobu leczenia podejmuje lekarz, a zdanie chorego jest bardzo ograniczone lub nie ma go wcale. Pacjent przyjmuje postawę bierną. Choroba jest ukazana przez pryzmat biologii. Nacisk kładzie się głównie na czynniki instrumentalne. Potrzeby emocjonalne pacjenta są marginalizowane.

Można wyróżnić paternalizm o natężeniu radykalnym oraz umiarkowanym. W modelu paternalistycznym radykalnym zakłada się, że doświadczenie zawodowe i kliniczna wiedza medyczna są odpowiednim zabezpieczeniem warunkującym bezpieczeństwo pacjenta, właściwą relację z lekarzem oraz pożądany efekt leczenia. Potrzeba poszerzania wiedzy w zakresie interpersonalnych relacji lekarza z pacjentem nie jest w nim zauważana. Lekarz w tym modelu pełni rolę dominującą, pacjent – bierną, a rola rodziny nie ma w nim znaczenia. Komunikacja ma charakter jednokierunkowy w stosunku do pacjenta, charakteryzuje ją duży dystans emocjonalny<sup>2</sup>. Model paternalistyczny umiarkowany uwzględnia potrzebę wymiany informacji między lekarzem a pacjentem. Dla lekarza przekaz ten ma być pomocą w postępowaniu diagnostycznym i ukierunkowaniu

---

<sup>1</sup> S. Williams, J. Weinmen, J. Dale, *Doctor-Patient Communication and Patient Satisfaction: a Review*, "Family Practice" 1998, Vol. 15, No. 5, s. 480–492.

<sup>2</sup> M. J. Jarosz, Z. Kawczyńska-Butrym, A. Włoszczak-Szubbda, *Modele komunikacyjne relacji lekarz-pacjent-rodzina*, „Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu” 2012, Tom 18, Nr 3, s. 212–218.

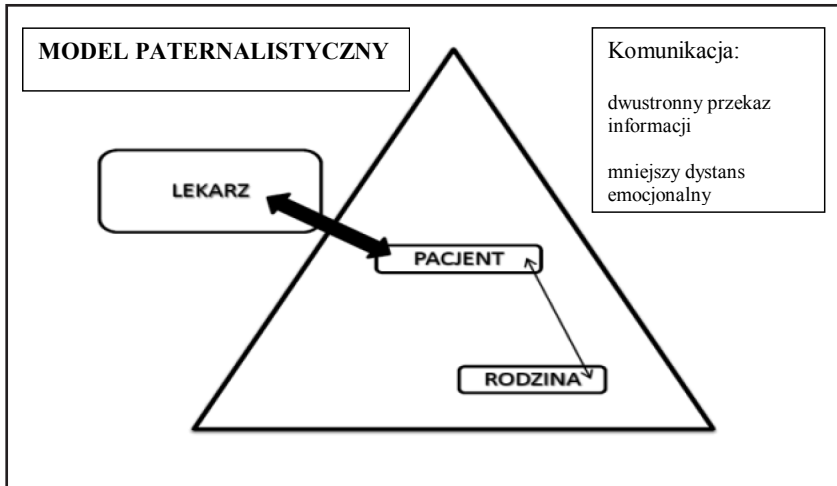
Tab. 1. Porównanie modeli relacji lekarz – pacjent

Nazwa	Omówienie	Korzyści lekarza	Korzyści pacjenta	Wady modelu	Zalety modelu
<p><b>Model paternalistyczny</b></p>	<p>Wywodzi się z paradygmatu biomedycznego. Człowiek postrzegany jest jako maszyna, a zadaniem lekarza jest interwencja w celu przywrócenia sprawności zaburzonych mechanizmów.</p>	<p>Podjęmowanie samodzielnych decyzji o wyborze najlepszego sposobu leczenia.</p>	<p>Brak odpowiedzialności za skutki leczenia.</p>	<p>Brak świadomego uczestnictwa pacjenta w terapii.</p>	<p>Poczucie odpowiedzialności za losy pacjenta.</p>
<p><b>Model partnerski</b></p>	<p>Wywodzi się z paradygmatu socjomedycznego. Człowiek jest pojmowany jako dynamiczny układ, funkcjonujący w sprzężeniu z innymi systemami.</p>	<p>Zwiększenie zaufania pacjentów.</p>	<p>Szanowanie i przestrzeganie praw pacjenta. Możliwość samodzielnego podejmowania decyzji dotyczących proponowanego sposobu leczenia.</p>	<p>Zbyt duża, niewłaściwie wykorzystywana autonomia pacjentów.</p>	<p>Dwukierunkowa komunikacja w relacji lekarz – pacjent, nastawiona na większą dokładność, przebiegająca na zasadzie porozumienia.</p>

Nazwa	Omówienie	Korzyści lekarza	Korzyści pacjenta	Wady modelu	Zalety modelu
<b>Model systemowo-partnerski</b>	Wýwodzi się z paradygmatu socjologicznego. Człowiek jest postrzegany jako dynamiczny element szerszych struktur rzeczywistości.	Lepsze dostosowanie formy wsparcia, większa szansa na uzyskanie pozytywnego wyniku leczenia ze względu na znajomość rodziny pacjenta.	Indywidualne traktowanie, współdziałanie z pacjentem i jego rodziną w formułowaniu diagnozy, planowaniu działania terapeutycznego.	Brak chęci współpracy, dysfunkcje ze strony rodziny pacjenta.	Holistyczne postrzeganie organizmów żywych. Przykładami nie dużej wagi do wpływów środowiska, stosunków rodzinnych, problemów emocjonalnych na proces leczenia.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Komunikowanie o zdrowiu, chorobie i leczeniu*. Między psychologią a medycyną, red. B. Jacennik, A. Hulewska, A. Piasecka, Warszawa 2012, s. 149.

Ryc. 1. Model paternalistyczny



Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. J. Jarosz, Z. Kawczyńska-Butrym, A. Włoszczak-Szubda, *Modele komunikacyjne relacji lekarz-pacjent-rodzina*, „Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu” 2012, Tom 18, Nr 3, s. 216.

leczenia, dla pacjenta zaś mobilizacją do przestrzegania zalecanej terapii. Mamy tu do czynienia z dwustronnym przekazem informacji, który wymaga od lekarzy wiedzy z zakresu relacyjności interpersonalnej. Komunikację charakteryzuje mniejszy dystans emocjonalny<sup>3</sup>.

Krytyka modelu paternalistycznego zaczęła się już w XIX wieku. John Stuart Mill był jedną z pierwszych osób krytykujących autorytarne podejście lekarza do pacjenta. Uważał on, że nie można nikogo zmusić do zaniechania lub podjęcia jakiejś decyzji, motywując swoją wypowiedź dobrem i szczęściem pacjenta. Lata osiemdziesiąte XX wieku stały się falą krytyki modelu paternalistycznego i zapowiedzią zmian. Etycy Tom Beauchamp i Candy McCullough twierdzą natomiast, że w niektórych sytuacjach paternalizm jest dozwolony. Są to zdarzenia związane z:

- podjęciem działań, które nie naruszają autonomii pacjenta,
- niskim ryzykiem powikłań występujących po interwencji lekarskiej,
- brakiem interwencji lekarza lub niedostosowaniem się do jego zaleceń,

<sup>3</sup> M. Kęsy, *Relacje i komunikacja w świecie medycznym*, Kraków 2012.



które mogłyby spowodować u chorego trwałą uszczerbek na zdrowiu lub śmierć<sup>4</sup>.

Pozostałościami po modelu paternalistycznym relacji lekarz – pacjent są<sup>5</sup>:

- ukrywanie prawdy przed chorymi i ich rodziną,
- zastraszanie chorych,
- stosowanie względem pacjentów środków przymusu,
- wprowadzanie w błąd pacjentów,
- niedostateczne informowanie,
- nieprzestrzeżenie praw pacjenta.

XXI wiek uznaje za obowiązujący model partnerski, dający dużą autonomię pacjentowi i możliwość samodzielnego podejmowania decyzji związanej z proponowanym przez lekarza sposobem leczenia.

## KOMUNIKACJA W MODELU PARTNERSKIM

Model partnerski wywodzi się z paradygmatu socjomedycznego, w którym człowiek jest pojmowany jako dynamiczny układ, funkcjonujący w sprzężeniu z innymi systemami. Choroba jest rozpatrywana na wszystkich poziomach: biologicznym, psychicznym i społecznym. Uwzględniony jest związek między ciałem a umysłem.

Postęp, rozwój nowych technologii medycznych oraz zwiększenie świadomości społeczeństwa na temat zdrowia i choroby wpłynęły na rozwój modelu partnerskiego w relacji lekarz – pacjent. Znaczna liczba publikacji dotyczących wspólnego podejmowania decyzji przez lekarzy i pacjentów może wskazywać na wzrost zainteresowania równym partnerstwem w relacji lekarz – pacjent<sup>6</sup>. Pacjent stał się współuczestnikiem procesu leczenia i współodpowiedzialnym za jego skutki. Jego rola nie ogranicza się już tylko do wypełniania poleceń lekarza. Jest centralnym ogniwem relacji. Lekarze zaczęli odgrywać rolę doradców przedstawiających choremu wszystkie możliwe metody diagnostyki i leczenia. Prawa pacjenta są szanowane, a autonomię chorego podczas pobytu w szpitalu regulują akty prawne. Chorzy mają wolność decydowania, sami określają swoje dobro<sup>7</sup>. Proces leczenia jest otwarty na zgłaszane przez pacjentów potrzeby.

---

<sup>4</sup> S. Williams, J. Weinmen, J. Dale, op. cit.

<sup>5</sup> Ibidem.

<sup>6</sup> B. Ślusarska, B. Dobrowolska, D. Zarzycka, *Metateoretyczny kontekst zachowań zdrowotnych w paradygmatach zdrowia*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2013, nr 94 (4), s. 667–674.

<sup>7</sup> T. S. Szasz, M. H. Hollender, *A Contribution to the Philosophy of Medicine: The Basic Model of the Doctor-Patient Relationship*, [w:] *Encounters between Patients and Doctors: an Anthology*, ed. J. D. Stoeckle, Cambridge 1987, s. 165–177.

Komunikacja na linii lekarz – pacjent jest dwukierunkowa, nastawiona na większą dokładność<sup>8</sup>. Przebiega na zasadzie porozumienia. Wymaga zbliżenia emocjonalnego, do którego potrzebna jest wiedza i umiejętności lekarza z zakresu empatii, wsparcia emocjonalnego chorego oraz właściwego dystansu emocjonalnego korzystnego dla obu stron relacji<sup>9</sup>.

Pacjenci mają możliwość mówienia o swojej chorobie. Mają świadomość, że zostaną wysłuchani. Rozmowa z personelem medycznym ma istotny wpływ na korzystny przebieg leczenia oraz kształtuje u chorego poczucie przynależności do społeczeństwa<sup>10</sup>. Pacjenci mają zaufanie do lekarzy, gdyż są przekonani o ich kompetencjach oraz pewni tego, że zostaną potraktowani z godnością i szacunkiem. W modelu tym pojawia się również wspierająca rola rodziny. Dlatego lekarz powinien pokazywać bliskim chorego, jak ważna jest ich rola w procesie leczenia.

## KOMUNIKACJA W MODELU SYSTEMOWO-PARTNERSKIM

Model systemowo-partnerski wywodzi się z paradygmatu socjoekologicznego, który ukazuje istotę ludzką jako dynamiczny element szerszych struktur rzeczywistości. Istotę zdrowia stanowi zaś dynamiczna równowaga i potencjał zdrowotny.

W modelu systemowo-partnerskim występują pomiędzy lekarzem, pacjentem i jego rodziną relacje partnerskie, które wchodzą w skład współdziałających ze sobą systemów medycznych, rodzinnych oraz społecznych<sup>11</sup>. Lekarz ma wpłynąć również na aspekty psychologiczne, społeczne i środowiskowe. Pacjent jest traktowany indywidualnie, badany jako dynamiczna całość. Występuje holistyczne rozumienie organizmów żywych – wszystkie części organizmu traktuje się jako wzajemnie zależne i powiązane w system. Dużą wagę przykładają się do wpływów środowiska, stosunków rodzinnych, problemów emocjonalnych. Lekarz współdziała z chorym i jego rodziną w formułowaniu diagnozy i planowaniu działania terapeutycznego. Poszczególne etapy terapeutyczne dotyczą zdrowia pacjenta, jak również zdrowia jego rodziny. Lekarz zwraca uwagę na problemy, które mogą być powodem zagrożeń zdrowotnych w rodzinie, między innymi styl życia, występujące konflikty i zaburzenia. Znajomość rodziny, a nie tylko samego pacjenta, umożliwia lekarzowi lepsze

---

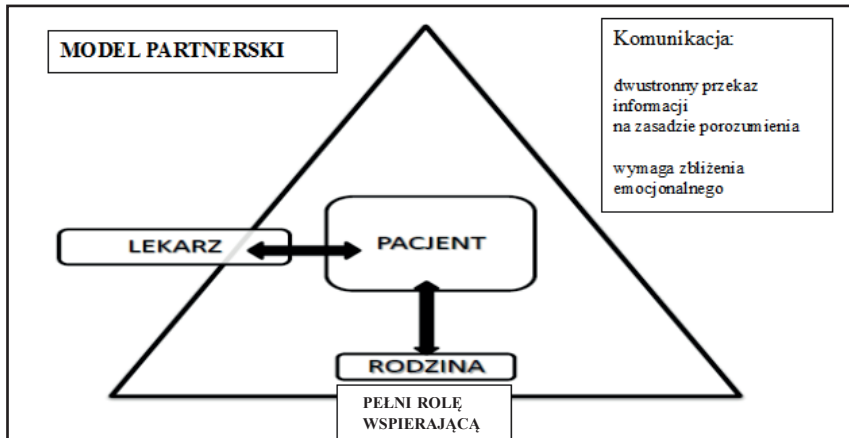
<sup>8</sup> M. Kęsy, op. cit.

<sup>9</sup> M. J. Jarosz, Z. Kawczyńska-Butrym, A. Włoszczak-Szubzda, op. cit..

<sup>10</sup> *Przekształcenia strukturalne i społeczne w ochronie zdrowia*, red. R. Lewandowski, M. Kautsch, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, tom XIII, zeszyt 5, Łódź 2012.

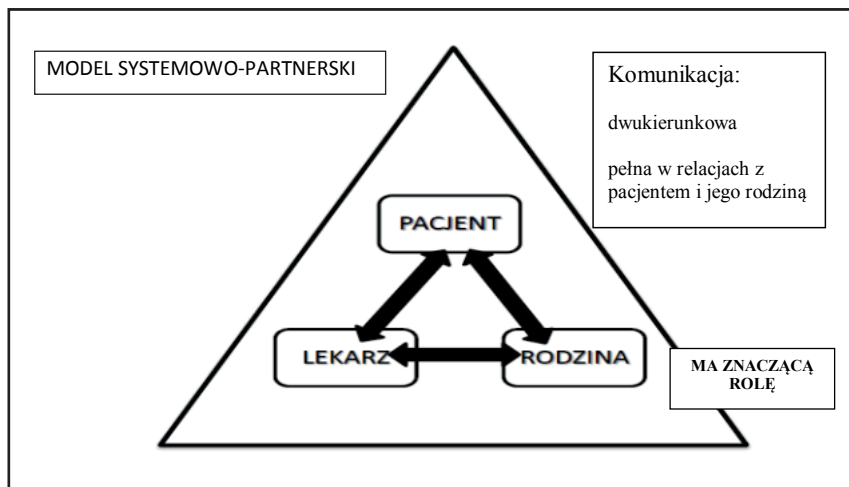
<sup>11</sup> M. J. Jarosz, Z. Kawczyńska-Butrym, A. Włoszczak-Szubzda, op. cit., s. 212–218.

Ryc. 2. Model partnerski



Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. J. Jarosz, Z. Kawczyńska-Butrym, A. Włoszczak-Szubzda, *Modele komunikacyjne relacji lekarz-pacjent-rodzina*, „Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu” 2012, Tom 18, Nr 3, s. 216.

Ryc. 3. Model systemowo-partnerski



Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. J. Jarosz, Z. Kawczyńska-Butrym, A. Włoszczak-Szubzda, *Modele komunikacyjne relacji lekarz-pacjent-rodzina*, „Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu” 2012, Tom 18, Nr 3, s. 216.

dostosowanie formy wsparcia i większą szansę na uzyskanie pozytywnego wyniku leczenia. Pacjent i jego rodzina odgrywają w procesie leczenia rolę opartą na aktywności i współdziałaniu. Lekarz zaś pełni funkcję przewodnika, doradcy w kwestiach otrzymywania pomocy oraz profilaktyczną w kwestiach ochrony zdrowia. Jest specjalistą w zakresie edukacji zdrowotnej i medycznej. Stara się aktywnie słuchać swojego pacjenta i jego rodziny, okazuje im szacunek, traktuje z należytą godnością. Wspiera ich, podchodzi z wrażliwością i delikatnością, dąży do zrozumienia pacjenta. Komunikacja jest dwukierunkowa, pełna w relacjach z pacjentem i jego rodziną. Pojawiająca się w modelu systemowo-partnerskim znacząca rola rodziny wymaga od lekarza – poza umiejętnościami komunikacji interpersonalnej i grupowej – również wiedzy z zakresu nauki o rodzinie.

## KOMUNIKACJA W INNYCH MODELACH

Szansz i Hollender wyróżnili trzy modele relacji lekarz – pacjent, biorąc za kryterium poziom aktywności lekarza oraz pacjenta w trakcie procesu leczenia<sup>12</sup>:

- **Model aktywność-bierność** – model historyczny, aktualnie rzadko spotykany. Ma zastosowanie w sytuacjach zagrożenia życia lub gdy świadomość chorego jest ograniczona. Osobą aktywną w tym modelu jest lekarz, pacjent jest zaś biernym odbiorcą zaleceń lekarskich, którym musi się bezwzględnie podporządkować.
- **Model kierownictwo-współpraca** – ma zastosowanie w przypadkach chorób ostrych, trwających krótko i niejednokrotnie ulegających samoczynnemu ustąpieniu. Osobami aktywnymi w tym modelu są obie strony relacji, jednak ich pozycje są odmienne. Lekarz jest osobą posiadającą niezbędną wiedzę i umiejętności do zaprojektowania i przeprowadzenia procesu leczenia. Pacjent podporządkowuje się zaleceniom lekarza, posiada niewystarczającą wiedzę, aby móc wziąć odpowiedzialność za proces leczenia.
- **Model obustronnego uczestnictwa** – stosuje się go w przypadku pacjentów chorych przewlekle, których schorzenia są długotrwałe, wymagają reorganizacji różnych aspektów życia. Obie strony relacji są aktywnymi i kompetentnymi uczestnikami interakcji. Ich kompetencje są różne w zależności od aspektów leczenia i profilaktyki. Lekarz jest osobą posiadającą obiektywną i szczegółową wiedzę na temat sposobów leczenia, stawiania diagnozy na temat rokowań, projektowania procesu leczenia. Pacjent dysponuje subiektywną wiedzą na temat swojego zachowania, samopoczucia

---

<sup>12</sup> T. S. Szasz, M. H. Hollender, op. cit., s. 165–177.

oraz sposobu, w jaki doświadcza choroby i jak przeżywa dezorganizację życia przez nią wywołaną.

Kuczyńska, biorąc za kryterium obszar zainteresowań lekarza, wyodrębnia dwa podejścia do budowania relacji lekarz – pacjent<sup>13</sup>:

- **Podejście somatyczne** – opiera się na wiedzy z zakresu nauk medycznych. Występuje, gdy zainteresowania lekarza koncentrują się na chorobie oraz procesie leczenia. Dominuje w nim zamknięty styl komunikacji, a wszelkie interwencje opierają się na wiedzy naukowej. Informacje o samopoczuciu pacjenta są traktowane jako dane o jego stanie zdrowia.
- **Podejście ogólne** – występuje, gdy zainteresowania lekarza koncentrują się w większym stopniu na pacjentach, uwzględniając ich indywidualną sytuację życiową. Opiera się na wiedzy z nauk medycznych i społecznych. W rozmowach z pacjentem stosuje się otwarty styl komunikacji. Lekarze w tym podejściu chcą uzyskać jak najwięcej dodatkowych informacji o sytuacji życiowej pacjenta, znaczeniu choroby w jego życiu. Ponadto personel medyczny pomaga choremu zrozumieć i zaadaptować swoją sytuację zdrowotną.

Pierloot, opierając się na psychologicznych koncepcjach człowieka, zaproponował cztery modele relacji lekarz – pacjent<sup>14</sup>:

- **Komunikacyjny model relacji lekarza z pacjentem** – opiera się przede wszystkim na przekazywaniu informacji pomiędzy uczestnikami procesu komunikacji. Chory opowiada lekarzowi o swoich dolegliwościach, a on przekazuje wskazówki i zalecenia odnośnie do procesu leczenia. Wymiana informacji między lekarzem a pacjentem odbywa się na dwóch płaszczyznach: werbalnej i niewerbalnej.
- **Spoleczno-kulturowy model relacji lekarza z pacjentem** – w modelu tym obie strony relacji pełnią określone funkcje i zajmują określone pozycje w społeczeństwie. Stosunki międzyludzkie w społeczności, w której na co dzień funkcjonują lekarz i pacjent, są regulowane za pośrednictwem norm. Dodatkowy wpływ na relacje lekarza z chorym mają postawy społeczne wobec danej jednostki chorobowej.
- **Model medycznego przenoszenia relacji lekarza z pacjentem** – model ten nawiązuje do koncepcji psychoanalitycznych. Zakłada, że konsultacja

---

<sup>13</sup> A. Kuczyńska, *Modele kontaktu lekarza z pacjentem*, [w:] *Elementy psychologii zdrowia*, red. G. Dolińska-Zygmunt, Wrocław 2001.

<sup>14</sup> *Komunikowanie o zdrowiu, chorobie i leczeniu...*, op. cit.

lekarska zawiera w sobie pewne elementy związane z tak zwanymi mechanizmami przeniesienia oraz przeciwprzeniesienia (sposób, w jaki uczestnicy relacji reagują na siebie nawzajem, jest nie tylko wynikiem bieżącej sytuacji, ale także przejawem uczuć, postaw, jakie w okresie dzieciństwa lekarze i pacjenci kierowali do swoich rodziców lub innych ważnych dla nich osób)<sup>15</sup>.

- **Przyjacielski model relacji lekarza z pacjentem** – zakłada możliwość wyjścia przez obie strony relacji poza tradycyjne role. Interakcja między lekarzem i pacjentem jest analogiczna do wszystkich innych kontaktów społecznych. Lekarz ukazywany jest jako osoba przejawiająca typowe dla wszystkich ludzi potrzeby, emocje, co zakłada możliwość otwartego wyrażania uczuć, dzielenia się doświadczeniami, okazywania empatii i zrozumienia w kontaktach z pacjentami. W modelu tym pacjent szuka w osobie lekarza przede wszystkim człowieczeństwa.

Relacja lekarza z pacjentem może być również oparta na zasadach funkcjonowania usług handlowych na wolnym rynku. Tak przedstawia ją **model konsumpcyjny**, w którym lekarz postrzegany jest jako sprzedawca produktów medycznych. Jego obowiązki ograniczają się do podania fachowych informacji, wsłuchania się w życzenia pacjenta i akceptacji jego decyzji. Pacjent jako klient powinien być poinformowany o korzyściach i ryzyku, jakie ponosi, oraz o kosztach leczenia.

## WNIOSKI

Komunikacja pomiędzy lekarzem i pacjentem jest jedną z ważniejszych zmiennych mających wpływ na proces powrotu do zdrowia, a także na zapobieganie nawrotowi choroby. Efektywna komunikacja lekarza z pacjentem jest związana z lepszymi wskaźnikami zdrowia somatycznego, psychicznego i społecznego.

Odpowiednia komunikacja między lekarzem i pacjentem pomaga uregulować emocje, pozwala na lepszą identyfikację potrzeb, percepcji, oczekiwań oraz zwiększa zaangażowanie w zalecaną terapię.

W przebiegu procesu leczenia fundamentalne znaczenie ma zwrócenie uwagi na subiektywne doświadczenia choroby przez pacjenta. Każdy pacjent ma swój indywidualny sposób przeżywania choroby. Chorzy, oprócz profesjonalnej opieki medycznej, potrzebują wsparcia psychicznego.

Relacja lekarz – pacjent opiera się na interakcji ludzi zajmujących nierówne pozycje, często nie ma charakteru dobrowolnego, jest obciążona emocjonalnie i wymaga ścisłej współpracy.

---

<sup>15</sup> Ibidem.

Role lekarza i pacjenta mają różny charakter społeczny. Lekarz pełni funkcję instrumentalną. Dla pacjenta spotkanie z lekarzem jest związane z koniecznością przystosowania się do zupełnie nowych okoliczności, co wiąże się z ogromnym stresem, lękiem.

W relacji lekarz – pacjent można zauważyć brak pełnego przygotowania obu stron do wypełniania swoich funkcji. Lekarze często nie umieją komunikować się w sposób zrozumiały dla chorego, nie potrafią nawiązać z nimi kontaktu budzącego zaufanie. Pacjenci nie znają swoich praw, nie mają wiedzy na temat zdrowia i choroby, nie są w pełni przygotowani do odgrywania aktywnej roli w procesie terapeutycznym.

Każda rozmowa pacjenta z lekarzem ma odmienny charakter. W inny sposób prowadzi rozmowę lekarz POZ, w inny specjalista. Inaczej rozmawia się z dzieckiem, inaczej z osobą dorosłą w wieku około czterdziestu lat czy w wieku dojrzałym, po sześćdziesiątym roku życia. Nie można w ten sam sposób powiedzieć o chorobie nowotworowej i zwykłym przeziębieniu. Są różni pacjenci; jedni chcą mieć wyczerpującą informację o swoim stanie zdrowia, inni nie są tak wymagający. Nie zawsze chorzy wyrażają chęć samodzielnego podejmowania decyzji związanej z przebiegiem leczenia, terapii.

Nowe technologie, powszechny dostęp do informacji zmieniają świadomość pacjentów. Chorzy sami podejmują różne działania prozdrowotne. Są w stanie bez większych trudności znaleźć potrzebne im informacje na portalach internetowych specjalizujących się w problematyce zdrowia i choroby. Autorytetem dla niektórych z nich staje się internetowa wyszukiwarka Google, która oferuje bezpłatne konsultacje i oszczędność czasu spędzonego w kolejce do profesjonalisty. Jest to niepokojące zjawisko zastępowania wizyt u lekarza wiedzą czy poradami dostępnymi w internecie. W przypadku niegroźnych schorzeń może to nie mieć istotnego wpływu na zdrowie i życie pacjentów, jednak w wypadku poważnych schorzeń może skończyć się tragicznie.

Relacja między lekarzem i pacjentem uległa transformacji. Pacjenci stali się klientami usług medycznych. Mogą samodzielnie podejmować decyzje dotyczące swojego życia, a nawet zdrowia. Są bardziej świadomi swoich praw, wymagający, mają możliwość wyboru placówki, która w pełni zaspokoi ich potrzeby zdrowotne, socjalno-bytowe, psychologiczne.

Założenia modelu systemowo-partnerskiego nie znajdują odzwierciedlenia w rzeczywistości. Systemy medyczne, rodzinne oraz społeczne nie współdziałają ze sobą. Lekarze nie patrzą na pacjentów w sposób holistyczny. Skupiają się na działaniach instrumentalnych, pomijając wpływy środowiska, stosunków rodzinnych, problemów emocjonalnych. Planowanie działania terapeutycznego często jest formułowane bez współpracy z pacjentami i ich rodzinami. Na problemy, które mogą być powodem zagrożeń zdrowotnych, między innymi styl życia, występujące konflikty, zaburzenia w rodzinie chorego, nie zwraca się w ogóle uwagi.



Lekarze mają wpływ na tworzenie atmosfery terapeutycznej poprzez okazywanie wrażliwości, zrozumienia, akceptacji. Zmiana negatywnych emocji, takich jak obojętność, dominacja, lęk, na pozytywne, takie jak zrozumienie, współpraca, bezpieczeństwo, może okazać się bardzo skutecznym narzędziem we właściwej komunikacji.

Lekarze nie muszą posiadać wrodzonych umiejętności komunikacyjnych, mogą je nabyć poprzez naukę i ćwiczenia. Muszą mieć jednak chęci, samodyscyplinę i przede wszystkim czas. Dobrym krokiem byłaby też zmiana w programie kształcenia studiów medycznych. Zwiększenie liczby zajęć związanych z komunikacją interpersonalną oraz poszerzenie świadomości lekarzy w kwestii tego, jaką rolę pełnią w procesie leczenia. Byłoby to pomocne również w uniknięciu wielu konfliktów, nieporozumień, barier komunikacyjnych, które są wynikiem niewłaściwej komunikacji interpersonalnej.

Pacjenci nie są w stanie w pełni ocenić kompetencji lekarzy związanych z profesjonalnym działaniem instrumentalnym. Dlatego na ich zadowolenie z wyniku leczenia wpływa istotnie prawidłowa komunikacja w relacji lekarz – pacjent.

Na skuteczną komunikację z pacjentem wpływa, oprócz umiejętności interpersonalnych lekarza, również wiele innych czynników, między innymi: relacje z innymi pracownikami szpitala, kultura organizacyjna placówki, wiedza, doświadczenie pracowników oraz ich stan emocjonalny.

W relacji lekarz – pacjent wspólnym celem jest troska o zdrowie pacjenta. Edmund Pellegrino uważa, że jego właściwe rozumienie pozwala przełamać niedoskonałości paternalizmu i autonomizmu. Punktem odniesienia nie jest autonomia lekarza czy pacjenta, ale troska o pacjenta, dobroczynność względem niego realizowana we wzajemnym zaufaniu<sup>16</sup>.

## ZAKOŃCZENIE

W polskim systemie opieki zdrowotnej w obszarze komunikacji lekarz – pacjent częściej występuje model paternalistyczny aniżeli model systemowo-partnerski. Personel medyczny w relacjach z pacjentami nie przywiązuje należytej wagi do ich potrzeb emocjonalnych i psychicznych, skupiając się na działaniach instrumentalnych, a właściwie na chorobie i jej przyczynach.

Lekarze często traktują chorych jako przypadki medyczne. Zapominają, że pacjenci nie są tylko jednostką chorobową, ale przede wszystkim ludźmi mającymi swoje uczucia i oczekującymi wsparcia oraz zrozumienia. Nie poświęcają im odpowiedniej ilości czasu, nie konsultują stosowanych terapii, nie

---

<sup>16</sup> T. Biesaga, *Autonomia lekarza i pacjenta a cel medyczny*, „Medycyna Praktyczna” 2005, nr 6.



współpracują z chorymi i ich rodzinami w procesie leczenia. Może to wynikać ze stereotypów: lekarza jako osoby nieomyłnej w swoich diagnozach, ignorującej zdanie pacjenta oraz pacjenta jako osoby, która odczuwa lęk przed konfrontacją z profesjonalistą. Jego źródłem może być obawa przed dyskredytacją ze strony lekarza. Ponadto, na taką sytuację prawdopodobnie ma wpływ niski poziom kultury i oświaty zdrowotnej, ograniczony dostęp do świadczeń medycznych, nadmierna biurokratyzacja, wprowadzenie limitów świadczeń i coraz większe ograniczenia finansowe. W takiej rzeczywistości nawet najbardziej wrażliwi lekarze mogą zatracić sens swojej misji i pracy lekarskiej.

Nie ma idealnego modelu obrazującego relację lekarz – pacjent. Każdy z przedstawionych modeli ma swoje wady i zalety. Autor podręcznika do etyki profesor medycyny Tadeusz Brzeziński wskazuje na przykład dobre strony modelu paternalistycznego jako relacji opartej na poczuciu odpowiedzialności za losy pacjenta. Wadą modelu partnerskiego może być zbyt duża autonomia pacjentów, często niewłaściwie przez nich wykorzystywana, zaś systemowo-partnerskiego – dysfunkcje ze strony rodzin pacjentów.

Nie da się więc nauczyć uniwersalnego schematu i go zastosować. Stworzenie powszechnego wzorca zachowań komunikacyjnych jest również zadaniem bardzo trudnym. Dlatego tak ważne są umiejętności komunikacyjne lekarzy, wpływające na przebieg i skuteczność terapii.

Zawsze jednak „trzeba mieć oczy, które widzą, uszy, które słyszą, i serce, które czuje...” – jak powiedziała twórczyni nowoczesnego pielęgniarstwa Florence Nightingale.

## COMMUNICATION MODEL IN THE DOCTOR-PATIENT RELATIONSHIP

Changes taking place in modern medicine altered the doctor-patient relationship. Shaping interpersonal communication attitudes and behaviors of physicians and their patients began to play an important role. Healthcare is moving toward obtaining specific interaction model.

The purpose of this article is to discuss models in the doctor-patient relationship and to draw appropriate conclusions.

### KEYWORDS

paternalism, autonomy, communication, doctor-patient relationship

## BIBLIOGRAFIA

1. Biesaga T., *Autonomia lekarza i pacjenta a cel medyczny*, „Medycyna Praktyczna” 2005, nr 6.
2. De Haes I. J. C. J. M., Ong L. M. L., Hoos A. M., Lammes F. B., *Doctor-Patient Communication: a Review of the Literature*, “Soc. Sci. Med.” 1995, Vol. 40, No. 7, s. 903–918.
3. Jarosz M. J., Kawczyńska-Butrym Z., Włoszczak-Szubda A., *Modele komunikacyjnej relacji lekarz-pacjent-rodzina*, „Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu” 2012, Tom 18, Nr 3, s. 212–218.
4. Kęsy M., *Relacje i komunikacja w świecie medycznym*, Kraków 2012.
5. *Komunikowanie o zdrowiu, chorobie i leczeniu. Między psychologią a medycyną*, red. B. Jacennik, A. Hulewska, A. Piasecka, Warszawa 2012.
6. Kuczyńska A., *Modele kontaktu lekarza z pacjentem*, [w:] *Elementy psychologii zdrowia*, red. G. Dolińska-Zygmunt, Wrocław 2001.
7. Makara-Studzińska M., *Komunikacja z pacjentem*, Lublin 2012.
8. *Przekształcenia strukturalne i społeczne w ochronie zdrowia*, red. R. Lewandowski, M. Kautsch, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, tom XIII, zeszyt 5, Łódź 2012.
9. Szasz T. S., Hollender M. H., *A Contribution to the Philosophy of Medicine: The Basic Model of the Doctor-Patient Relationship*, [w:] *Encounters between Patients and Doctors: an Anthology*, ed. J. D. Stoeckle, Cambridge 1987, s. 165–177.
10. Szewczyk K., *O bezsensie i potrzebie konstruowania modeli relacji lekarz-pacjent*, „Krytyka Lekarska” 2009, nr 2–3, s. 17–38.
11. Ślusarska B., Dobrowolska B., Zarzycka D., *Metateoretyczny kontekst zachowań zdrowotnych w paradygmatach zdrowia*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2013, nr 94 (4), s. 667–674.
12. Williams S., Weinmen J., Dale J., *Doctor-Patient Communication and Patient Satisfaction: a Review*, “Family Practice” 1998, Vol. 15, No. 5, s. 480–492.
13. Wroński K., Bocian R., Depta A., Cywiński J., Dzik A., *Opinie pacjentów na temat modelu paternalistycznego w relacji lekarz-pacjent. Prawne aspekty autonomii pacjenta w opiece zdrowotnej*, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2009, nr 4 (59).

ANNA BAZARNIK\*, KATARZYNA GĄSIOREK\*\*  
(UNIwersytet Jagielloński\*, Instytut Neuromedica\*\*)

*AMERICAN CAT,*  
CZYLI KOTY I LUDZIE W NEURONAUCIE

STRESZCZENIE

W artykule zaprezentowano krótki opis badań amerykańskich z lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych przeprowadzonych na gruncie neuronauki, które doprowadziły do zasadniczych zmian w technikach behawioralnych i umożliwiły trwale modyfikowanie wzorca aktywności mózgu. Omówiono także kulturowe oraz historyczne tło tych odkryć.

Uzyskanie pierwszego zapisu spontanicznej aktywności bioelektrycznej mózgu ludzkiego w latach dwudziestych XX wieku pozwoliło na dokładną obserwację zmian w jego pracy, szczególnie tych, które zachodzą podczas procesu uczenia się.

W oparciu o podstawowe teorie uczenia się, stanowiące podłoże zmian wzorców behawioralnych: warunkowanie pawłowskie oraz warunkowanie instrumentalne Thorndike'a, badacze amerykańscy udowodnili, że także aktywność bioelektryczna mózgu może być rozpatrywana jako zachowanie i, zgodnie z zasadami warunkowania, można ją modyfikować.

Dalsze badania Stermana nad paliwem raketowym i rytmem sensomotorycznym u kotów doprowadziły do spektakularnego osiągnięcia, które okazało się pomocne w redukcji ilości napadów padaczkowych u ludzi. Ta nowa metoda terapeutyczna została nazwana neurofeedback (lub EEG biofeedback) i obecnie znajduje również zastosowanie w leczeniu ADHD, ADD, zaburzeń nastroju, zaburzeń lękowych, bólu chronicznego, a także w treningach typu *mind fitness*.

Prawdopodobnie istnieją takie cechy charakterystyczne dla amerykańskiej mentalności, które mogły przyczynić się do światowej dystrybucji metody neurofeedback. Tradycyjne korzenie uczenia się modyfikacji funkcji mózgu i ciała można zaś odnaleźć w taoizmie, hinduizmie, sufizmie oraz w chrześcijaństwie...

## SŁOWA KLUCZOWE

Stany Zjednoczone, elektroencefalografia, rytm sensomotoryczny, EEG biofeedback, neurofeedback, mentalność kulturowa, dyfuzja

## INFORMACJE O AUTORKACH

Anna Bazarnik  
Katedra i Klinika Neurologii  
Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum  
e-mail: annabazarnik@interia.pl

Katarzyna Gąsiorek  
Instytut Neuromedica  
e-mail: kgrek@interia.pl

---

Indianin widzi w zwierzęciu istotę wcale nie niższą od siebie. Dostrzega jego siłę, spryt, pomysłowość, nadzwyczajny węch i wiele innych cech, które w rozumieniu Indian czynią zwierzę podobnym do człowieka i często obdarzonym mądrością większą niż on sam.

*Legendy indiańskie*<sup>1</sup>

Czy wszystkiego można się nauczyć? Czy umysł potrafi zmieniać mózg? Czy w Stanach Zjednoczonych Ameryki wszystko jest możliwe?

Niniejsza praca ma na celu prezentację amerykańskich badań z dziedziny neuronauki, przeprowadzonych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku, które po dziś dzień mają swoje implikacje na gruncie zarówno naukowym, jak i terapeutycznym. Dlatego, z uwagi na ich dynamiczną popularyzację w świecie pod postacią metody neurofeedbacku, w zakończeniu podjęto krótką refleksję dotyczącą kulturowego tła omawianych zagadnień.

Analizę wzajemnych zależności pomiędzy mózgiem a umysłem można przeprowadzić na wielu poziomach, począwszy od analizy molekularnej, a skończywszy na interpretacji różnych wytworów umysłu, takich jak na przykład omamy. Jednocześnie można przyjąć odmienne perspektywy wyjaśniania zaobserwowanych zjawisk: antropologiczną, filozoficzną czy też poznawczą. W obszarze neuronauki interakcja mózg – umysł omawiana jest często w oparciu

---

<sup>1</sup> *Legendy indiańskie*, tłum. M. Skibniewska, wybór i oprac. E. Kmiecik, Wrocław 2006, s. 42.

o neurofizjologię oraz paradygmat uczenia się, w toku którego dochodzi do wykształcenia nowych połączeń synaptycznych między komórkami mózgu. W pracy tej przyjęto rozumienie relacji mózg – umysł zgodnie z ideami nauki złożoności<sup>2</sup>, według których mózg jest systemem złożonym, nieliniowym, dalekim od równowagi, zdolnym do samoorganizacji oraz – co najważniejsze – zdolnym do nieustannych zmian i przechodzenia z jednego stanu w inny, co w ontogenezie ma nieodwracalny charakter. Umysł zaś nie posiada materialnych właściwości, ale jest procesem, który wywodzi się w rozwoju filogenetycznym oraz ontogenetycznym z mózgu. Umysł może również zmieniać mózg, zarówno w zakresie jego funkcji, jak i struktury<sup>3</sup>.

## JAK PRACUJE MÓZG – ELEKTROENCEFALOGRAFIA

Aktywność bioelektryczna mózgu, wyrażona poprzez zapis możliwy do uzyskania w badaniu elektroencefalograficznym (EEG), przedstawia obraz funkcjonowania neuronów (komórek nerwowych) kory mózgowej. Obraz ten umożliwia odczyt pracy fal mózgowych, które charakteryzują się odmienną częstotliwością (wyrażaną w hercach – Hz, czyli w ilości cykli na sekundę) oraz mogą mieć różną amplitudę (mierzoną w mikrowoltach –  $\mu\text{V}$ ). Taką aktywność w mózgu zwierzęcym zaobserwował jako pierwszy w 1875 roku angielski lekarz Richard Caton. Piętnaście lat później, niezależnie, do takiego samego odkrycia doszedł polski fizjolog urodzony w Krakowie – Adolf Beck. Pierwszy zapis elektroencefalograficzny ludzkiego mózgu uzyskał z kolei w 1929 roku niemiecki profesor psychiatrii i neurologii – Hans Berger<sup>4</sup>, który wyróżnił także pierwszą falę mózgową, nazwaną rytmem Bergeera lub falą alfa<sup>5</sup>. Kolejne poszukiwania przyniosły odkrycia dotyczące zróżnicowania zapisu elektroencefalograficznego w czasie snu i czuwania, a także dowody na odmienny jego obraz u osób zdrowych oraz u osób po urazach

---

<sup>2</sup> Zob. V. K. Wadhawan, *Nauka złożoności. Trudne pytania, które zadajemy o sobie i o naszym Wszechświecie*, tłum. M. Koraszewska, Wrocław 2010.

<sup>3</sup> T. Scrimali, *Neuroscienze e psicologia clinica*, Milano 2010, s. 31–40.

<sup>4</sup> A. Coenen, O. Zayachkivska, *Adolf Beck: A Pioneer in Electroencephalography in between Richard Caton and Hans Berger*, „Advances in Cognitive Psychology” 2013, Vol. 9 (4), s. 216–221. Hans Berger jako pierwszy użył nazwy „elektroencefalograf” w odniesieniu do urządzenia mierzącego aktywność elektryczną mózgu za pomocą galwanometru i przypinanych do skóry głowy elektrod.

<sup>5</sup> H. Berger, *Über das Elektrenkephalogramm des Menschen* [On the electroencephalogram of humans], „Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten” 1929, Vol. 87, s. 527.

mózgu<sup>6</sup>. Następnie wyróżniono cztery podstawowe pasma fal mózgowych: delta, theta, alfa, beta<sup>7</sup>. Obecnie wiadomo, iż poszczególnym stanom fizjologicznym, takim jak: sen, relaksacja, czuwanie, pobudzenie, towarzyszy odmienna architektonika fal, przy czym jej zróżnicowanie zależy również od obszaru występowania w mózgu.

Mózg zmienia zatem swoją pracę w zależności od czynności, w jaką jest w danej chwili zaangażowany. Co jednak dzieje się w mózgu, gdy wykonywana czynność jest nowa? Przystawianie nowych umiejętności możliwe jest dzięki zachodzącym w mózgu procesom uczenia się.

## UCZENIE SIĘ A MÓZG

Podjmując rozważania nad procesami uczenia się z perspektywy neurofizjologicznej, należy zwrócić uwagę na osiągnięcia Iwana Pawłowa, dotyczące tak zwanego warunkowania klasycznego<sup>8</sup>. Rosyjski fizjolog podjął serię eksperymentów, dzięki którym udowodnił, że istnieje możliwość wyuczenia zwierzęcia reagowania na bodziec dla niego obojętny (to znaczy taki, który dotąd nie był nośnikiem żadnej informacji). Wystarczy jedynie prezentacja tego początkowo nieistotnego sygnału (na przykład dźwięk dzwonka) wraz z ważnym dla zwierzęcia bodźcem (pożywienie), aby w niedługim czasie uzyskać reakcję ślinienia się w odpowiedzi na sam dźwięk, bez podania pokarmu. Stąd też określenie „pies Pawłowa” opisuje reakcję całkowicie zautomatyzowaną i wyuczoną do tego stopnia, iż znajduje się poza świadomą kontrolą (co można także odnieść do wielu zachowań człowieka). O krok dalej w badaniach nad procesem uczenia się poszedł Edward Thorndike – amerykański psycholog, który udowodnił, że każda reakcja odpowiednio wiele razy powtórzona i nagrodzona ulega utrwaleniu. Na podstawie obserwacji badanych przez siebie kotów sformułował on prawo efektu (*law of effect*), zgodnie z którym każde zachowanie przynoszące pożądane efekty (na przykład łączy się z nagrodą w postaci pożywienia) ma większą szansę na powtórzenie w przyszłości i odwrotnie – zachowanie, które skutkuje niechcianą konsekwencją (brakiem nagrody lub karą),

---

<sup>6</sup> P. Gloor, *Hans Berger and the Discovery of the Electroencephalogram*, [w:] *Hans Berger on the Electroencephalogram of Man. The Fourteen Original Reports on the Human Encephalogram*, ed. P. Gloor, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Amsterdam 1969, s. 1–36.

<sup>7</sup> Zakresy fal: delta 0,5–4 Hz; theta 4–8 Hz; alfa 8–12 Hz; beta 12–35 Hz.

<sup>8</sup> Zob. J. C. Malone, *Theories of Learning: A Historical Approach*, Belmont, California 1990, s. 55–91.

powinno pojawiać się z coraz mniejszą częstotliwością<sup>9</sup>. Obydwa odkrycia zrewolucjonizowały ówczesny świat fizjologii<sup>10</sup>, a podobny przewrót miały przynieść przeprowadzone w latach sześćdziesiątych oraz siedemdziesiątych badania amerykańskie, dotyczące bioelektrycznej aktywności mózgu zwierzęcia oraz możliwości jej modyfikacji.

## NAGRADZANIE MÓZGU

Jeśli spojrzeć na aktywność bioelektryczną mózgu w perspektywie behawioralnej, to pojawia się pytanie o możliwość zmiany jego aktywności poprzez odpowiednie nagradzanie (analogicznie do działań podejmowanych przez Pawłowa i Thorndike'a). Takie założenie przyjął w 1958 roku amerykański psycholog – Joe Kamiya z Uniwersytetu w Chicago. Pracując nad procesami świadomości podjął on próbę wzmacniania rytmu alfa u ludzi<sup>11</sup>. Kamiya nagradzał każdorazowo jego pojawienie się u osób badanych za pomocą dźwięku o różnej tonacji i po serii prób okazało się, że mózgi osób trenujących zaczęły produkować większą ilość tego rytmu. W ten sposób doktor Kamiya jako pierwszy naukowo udowodnił fakt, że procesy zachodzące w mózgu można świadomie modyfikować. Co więcej, dysponując elektroencefalografem (który pozwala na ich monitorowanie oraz dostarczanie na bieżąco informacji zwrotnej – nagrody – w sytuacji, gdy aktualny obraz aktywności mózgu jest prawidłowy), realne staje się jeszcze precyzyjniejsze wprowadzanie oraz utrwalanie pożądanych zmian<sup>12</sup>. Odkrycie naukowca nie doczekało się jednak bezpośredniej kontynuacji na gruncie terapeutycznym, znalazło za to zastosowanie w treningach adresowanych do osób chcących podnieść swój poziom wydajności psychicznej oraz poszerzyć świadomość wewnętrznych procesów mentalnych (tak zwany trening alfa).

Kolejną – kluczową z punktu widzenia tematyki artykułu – próbę zmiany aktywności bioelektrycznej mózgu podjęli w końcówce lat sześćdziesiątych polska profesor biologii Wanda Wyrwicka oraz amerykański neurobiolog, profesor Barry Serman z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles.

---

<sup>9</sup> Zob. E. L. Thorndike, *Edward Lee Thorndike*, [w:] *A History of Psychology in Autobiography*, ed. C. Murchison, Vol. 3, Worcester, MA 1936, s. 263–270.

<sup>10</sup> Czego dowodem jest Nagroda Nobla przyznana Iwanowi Pawłowowi w 1904 roku.

<sup>11</sup> Rytm ten pojawia się w mózgu w stanach głębokiej relaksacji, związany jest także z twórczością, wizualizacją, szybkim przetwarzaniem informacji oraz wzrostem wydolności psychicznej.

<sup>12</sup> J. Kamiya, *Operant Control of the EEG Alpha Rhythm and Some of Its Reported Effects on Consciousness*, [w:] *Altered States of Consciousness*, ed. C. Tart, New York 1969.

Dzięki podłączeniu elektrod do mózgów wyselekcjonowanej grupy kotów dokonana została rejestracja ich zapisu EEG. Zaobserwowano wówczas, że w sytuacji oczekiwania na podanie pokarmu (mleka lub rosółu) okresowo i spontanicznie pojawiał się u nich rytm sensomotoryczny (*sensorimotor rhythm*, SMR o częstotliwości 12–15 Hz)<sup>13</sup>. Zgodnie z modelem warunkowania instrumentalnego, w każdym kolejnym pomiarze EEG koty były nagradzane prezentacją pokarmu w chwili, gdy ich mózgi zaczynały produkować ów rytm. Na pojedynczą sesję składało się pięćdziesiąt automatycznych prezentacji mleka w odpowiedzi na pojawiający się rytm sensomotoryczny. Po dwudziestu sesjach zaobserwowano znaczący wzrost ilości/amplitudy SMR w kocich mózgach. Rytm ten utrzymywał się nawet po zakończeniu całościowej procedury warunkowania i – mimo przejścia do etapu wygaszania (koty przestały być nagradzane za pojawienie się SMR) – był on rejestrowany również w sytuacjach nie związanych z podawaniem pokarmu. Badacze dowiedli w ten sposób, iż aktywność mózgu może być postrzegana w kategoriach behawioralnych, a tym samym możliwa jest jego zmiana za pomocą warunkowania instrumentalnego. Co najważniejsze, wysunięto wówczas wniosek, że trwała zmiana wzorca pracy mózgu ulega generalizacji i występuje również w sytuacjach odmiennych od tej, w której dany wzorzec został uwarunkowany. Zaobserwowano ponadto, iż tuż przed pojawieniem się rytmu sensomotorycznego w zapisie EEG koty przybierały pewne charakterystyczne postury – pozostawały nieruchome, przy jednoczesnym obniżeniu napięcia mięśniowego i ciągłym wpatrywaniu się w miejsce, gdzie powinien ukazać się podajnik z pokarmem. Równocześnie następował spadek aktywności oddechowej; koty zachowywały czujność i oczekiwały na mający się pojawić znajomy bodziec zewnętrzny. Odzwierciedlały w tym polującego na wolności kota, który redukuje aktywność behawioralną, pozostając jednocześnie w pełnym skupieniu i gotowości do podjęcia działania w chwili, w której dostrzeże swoją zdobycz<sup>14</sup>. Niedługo po tych odkryciach okazało się, że występowanie w mózgu rytmu sensomotorycznego – oprócz stanu skupienia wraz z obniżeniem napięcia mięśniowego – niesie ze sobą jeszcze inne, nieznane dotąd implikacje.

---

<sup>13</sup> Zob. W. Wyrwicka, B. M. Serman, *Instrumental Conditioning of Sensorimotor Cortex EEG Spindles in the Waking Cat*, „Physiology and Behavior” 1968, Vol. 3, s. 703–707. Nazwa SMR koreluje z obszarem mózgu, w którym odnotowano największy jej wzrost, to znaczy w korze czuciowo-ruchowej.

<sup>14</sup> „Fakt, że kot reaguje w podobny sposób wobec każdej myszy, wykazuje, że tworzy on pojęcia i teorie, służące mu za drogowskazy w jego świecie wrażeń zmysłowych”, za: A. Einstein, L. Infeld, *Ewolucja fizyki. Rozwój poglądów od najdawniejszych pojęć do teorii względności i kwantów*, Warszawa 1998, s. 249.



## RYTM SENSOMOTORYCZNY – FUNKCJA OCHRONNA

Zaskakujące właściwości rytmu sensomotorycznego zostały opisane dzięki przypadkowemu odkryciu profesora Stermana, który w 1969 roku został poproszony przez amerykańską agencję NASA o zbadanie niepokojących reakcji pilotów i astronautów na opary paliwa raketowego – hydrazyny. Na reakcje te składały się między innymi wzory zapisu EEG o charakterze napadowym<sup>15</sup>. W eksperymencie naukowiec po raz kolejny wykorzystał koty i obserwował ich reakcję na podaną dawkę hydrazyny. Spośród pięćdziesięciu zaangażowanych zwierząt u siedmiu aktywność napadowa wystąpiła z opóźnieniem oraz była słabsza w stosunku do reszty badanych, a u trzech napady nie wystąpiły w ogóle<sup>16</sup>. Naukowiec zwrócił uwagę, że zaobserwowana odporność na toksyczne efekty iniekcji paliwa raketowego wystąpiła u tych dziesięciu kotów, które brały udział we wcześniejszym badaniu dotyczącym warunkowania SMR. Potwierdziło to wcześniejsze odkrycie, że zmiany we wzorcu pracy mózgu utrzymują się w czasie i ich występowanie może zostać uogólnione na sytuacje odmienne od tej, w jakiej zostały wypracowane. Co jednak ważniejsze, Sterman na podstawie zaskakujących wyników badań dla NASA postawił hipotezę, że rytm sensomotoryczny podwyższa próg pobudliwości neuronów w mózgu, wpływając na regulację wzgórzowo-korową pobudzenia, i obniża tym samym prawdopodobieństwo wystąpienia aktywności o charakterze napadowej. Hipoteza ta została potwierdzona w dalszych badaniach – doprowadzono do podjęcia prób wzmacniania rytmu sensomotorycznego u ludzi z rozpoznaniem padaczki i otrzymano pożądane zmiany. Profesor udowodnił tym samym, że sukcesywne wzmacnianie rytmu sensomotorycznego prowadzi do podwyższenia progu drgawkowego i wyraźnej redukcji ilości napadów padaczkowych, uzyskując potwierdzenie zarówno w trwałej modyfikacji zapisu EEG, jak i w relacjach osób badanych, dotyczących zmian w częstotliwości występowania napadów<sup>17</sup>. Od tego czasu promocja SMR u chorych na padaczkę stanowi nieinwazyjną formę terapii, komplementarnej wobec leczenia farmakologicznego<sup>18</sup>, a przegląd wielu lat badań nad efektami warunkowania instrumentalnego aktywności

---

<sup>15</sup> M. B. Serman, R. W. LoPresti, M. D. Fairchild, *Electroencephalographic and Behavioral Studies of Monomethylhydrazine Toxicity in the Cat*, AMRLTR-69-3, Aerospace Medical Research Laboratories, Wright-Patterson Air Force Base, June 1969, Ohio.

<sup>16</sup> [www.skiltopo.com/skil3/barrys\\_story.ppt](http://www.skiltopo.com/skil3/barrys_story.ppt) [dostęp: 04. 08. 2015].

<sup>17</sup> M. B. Serman, L. Friar, *Suppression of Seizures in an Epileptic Following Sensorimotor EEG Feedback Training*, „*Electroencephalography Clinical Neurophysiology*” 1972, Vol. 33 (1), s. 89–95.

<sup>18</sup> R. S. Monderer, D. M. Harrison, S. R. Haut, *Neurofeedback and Epilepsy*, „*Epilepsy & Behavior*” 2002, Vol. 3, s. 214–218. Również w przypadku padaczki lekoopornej metoda neurofeedbacku cechuje się bardzo wysoką skutecznością.

bioelektrycznej mózgu celem leczenia napadów padaczkowych pozwala mieć pewność, że metoda ta nie jest w fazie „eksperymentalnej”, ale stanowi szeroko udokumentowaną, skuteczną procedurę wspomagającą leczenie i niosącą trwałe zmiany na poziomie neurofizjologii mózgu<sup>19</sup>. Sumując, odkrycie to okazało się być krokiem milowym w badaniu oddziaływań behawioralnych i prowadziło do nauki obserwacji pracy mózgu oraz uzyskiwania nad nią świadomej kontroli, a także zapoczątkowało serię badań nad zastosowaniem wolicjonalnej modulacji fal mózgowych w rozmaitych schorzeniach. Metodę nauki regulacji czynności bioelektrycznej mózgu nazwano EEG biofeedback, inaczej neurofeedback<sup>20</sup> (*feedback* – informacja zwrotna), a wyniki uzyskane przez Stermana i Wyrwiczką przyczyniły się do utworzenia licznych protokołów terapeutycznych wykorzystywanych w leczeniu nie tylko padaczki, ale także: ADHD i ADD, chronicznego bólu, depresji, PTSD, zaburzeń lękowych i innych<sup>21</sup>. Udokumentowano również szerokie zastosowanie metody EEG biofeedback u osób zdrowych, w treningach typu *mind fitness*, gdzie wykorzystując swoje zasoby, trenujący dąży do utrwalenia optymalnego modelu własnej codziennej aktywności psychofizycznej oraz uczy się rozpoznawać dwukierunkowe powiązania, jakie istnieją pomiędzy jego stanem umysłu i emocji a samopoczuciem fizycznym<sup>22</sup>. Osoby biorące udział w treningach neurofeedback otrzymują informację zwrotną dotyczącą własnych procesów fizjologicznych oraz psychicznych, skorelowanych z określoną dynamiką aktywności bioelektrycznej mózgu, która prezentowana jest im w formie graficznej (w przypadku badań Stermana nad kotami informacja zwrotna była jednocześnie nagrodą w postaci pokarmu). Obecnie najczęściej przybiera ona postać gry video, której poszczególne elementy, zarówno wizualne jak i dźwiękowe, reprezentują różne fale mózgowie. Nagrodą dla trenującego jest uzyskanie pożądanego przebiegu gry, co wiąże się również

---

<sup>19</sup> M. B. Sterman, *Basic Concepts and Clinical Findings in the Treatment of Seizure Disorders with EEG Operant Conditioning*, „Clinical Electroencephalography” 2000, Vol. 31, 1, s. 45–55.

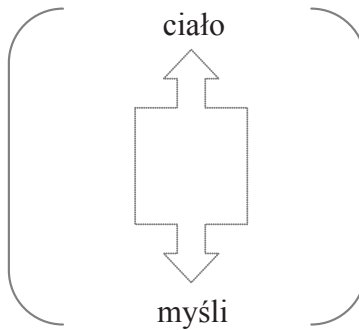
<sup>20</sup> Zob. więcej w: *Handbook of Neurofeedback. Dynamics and Clinical Applications*, ed. J. R. Evans, New York 2007, s. 18.

<sup>21</sup> C. Yucha, D. Montgomery, *Evidence-Based Practice in Biofeedback And Neurofeedback*, Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2008, s. 6. Należy przy okazji dodać, że podstawę indywidualnie dobranego protokołu terapeutycznego każdorazowo stanowi badanie EEG lub QEEG, dające wgląd w całościową aktywność bioelektryczną mózgu, a tym samym pozwalające uniknąć potencjalnych „skutków ubocznych”, będących wynikiem nieprawidłowo dobranych parametrów treningowych. Por. [http://www.victorzelek.com/What\\_is\\_NFB.pdf](http://www.victorzelek.com/What_is_NFB.pdf)

<sup>22</sup> Więcej na temat psychoneuroimmunologii w: P. Martin, *Umysł, który szkodzi. Mózg, zachowanie, odporność i choroba*, tłum. P. Turski, Warszawa 2011 (rozdział 4: *Umysł a odporność*).

ze zdobyciem większej ilości punktów. W ten sposób możliwe jest promowanie tych pasm częstotliwości, których mózg produkuje zbyt mało, oraz hamowanie fal o zbyt wysokiej amplitudzie<sup>23</sup>. Proces ten przyjmuje postać integracji różnych oddziaływań oraz aktywnego uczestnictwa pacjenta w procesie dążenia do poprawy swojej kondycji.

Ryc. Integrująca funkcja rytmu sensomotorycznego



Źródło: opracowanie własne.

*SMR to częstotliwość, która łączy się z harmonijną percepcją informacji odbieranych z otoczenia przez zmysły: wzrok, słuch, dotyk, węch, smak, równowagę przy równoczesnej gotowości psychofizycznej na reakcję adekwatną względem bodźca.*

Nie zawsze jednak neurofeedback stanowi właściwą terapeutyczną drogę. Potencjalne ograniczenia mogą leżeć zarówno po stronie terapeuty EEG biofeedback, jak i samego pacjenta (dokładniej – po stronie specyfiki jego zaburzeń). Terapeuta powinien w szczególności zwrócić uwagę na prawidłowe przypięcie elektrod, właściwe ustawienie programu treningowego i aktywne kontrolowanie poziomu trudności podczas przebiegu video gry. Może zdarzyć się tak, iż nie dostosuje on optymalnego, indywidualnego protokołu i będzie

---

<sup>23</sup> Więcej w: J. D. Gunkelman, J. Johnstone, *Neurofeedback and the Brain*, „Journal of Adult Development” 2005, Vol. 12, Nos. 2/3, s. 93–98.

trenować niewłaściwe obszary mózgu. Zaś specyfika niektórych problemów pacjenta może wpłynąć na ograniczenie zastosowania neurofeedbacku lub wręcz stanowić przeciwwskazanie do jego użycia. Na przykład u osób cierpiących na schizofrenię obserwuje się wyraźne osłabienie funkcji poznawczych, szczególnie w zakresie uwagi oraz pamięci krótkoterminowej<sup>24</sup>. Deficyty te zachęcają do zlecenia neurofeedbacku, ponieważ faktycznie wykazuje on wysoką skuteczność w procesie neurorehabilitacji funkcji poznawczych<sup>25</sup>. Pacjenci cierpiący na schizofrenię, przyjmujący leki przeciwpsychotyczne, odczuwają najczęściej poprawę koncentracji już po stosunkowo niewielkiej ilości treningów neurofeedback, gdy choroba jest w remisji. W trakcie treningów może się jednak okazać, iż pacjent wkomponuje moduł video gry w swoje urojenia. Trening funkcji poznawczych utraci wtedy na znaczeniu, gdyż pojawi się problem nadbudowania struktury urojeniowej. Dlatego też niezmiernie ważne jest, aby metoda neurofeedback była stosowana przez kompetentnych profesjonalistów, najlepiej dobrych diagnostów, obserwujących na bieżąco zachowanie pacjentów podczas treningów, którzy w razie wątpliwości zasięgną konsultacji innego specjalisty.

## NEUROFEEDBACK NA ŚWIECIE

Interesujące jest spojrzenie na zjawisko dynamicznego rozwoju neurofeedbacku w świecie w perspektywie kulturowej – to jest na te cechy charakteryzujące mentalność amerykańską, które mogły przyczynić się do tak szerokiej i zróżnicowanej dystrybucji omawianej metody. Dlaczego akurat Stany Zjednoczone stały się centrum jej rozwoju oraz celowej popularyzacji na innych kontynentach, skoro w okresie zimnej wojny badania nad warunkowaniem fal mózgowych podejmowano równolegle w laboratoriach dawnego Związku Radzieckiego w stopniu tak zaawansowanym, że można mówić o odrębnej szkole, czego współczesnym potwierdzeniem są liczne placówki badawczo-naukowe koncentrujące swoje zainteresowania wokół mechanizmu

---

<sup>24</sup> Więcej w: T. Scrimali, *Entropia della mente ed entropia negativa. Nuove prospettive, cognitiviste e complesse per la schizofrenia e la sua terapia*, Milano 2006, s. 184–189. Autor przedstawia kompleksowe ujęcie schizofrenii oraz jej terapii. W dalszych rozdziałach książki opisuje także psychoterapię schizofrenii opartą na bezpiecznej relacji terapeutycznej, integrującą początkowe leczenie lekami przeciwpsychotycznymi z metodą biofeedbacku aktywności elektrodermalnej (EDA/ GSR biofeedback)

<sup>25</sup> Zob. więcej w: *Handbook of Neurofeedback...*, op. cit., s. 137–153. O znaczeniu rehabilitacji funkcji poznawczych w zaburzeniach psychicznych pisze szerzej w swoich pracach także T. Scrimali.

biologicznego sprzężenia zwrotnego<sup>26</sup>? Ów szlak dystrybucji wygląda następująco: Stany Zjednoczone<sup>27</sup>, Kanada<sup>28</sup>, Australia<sup>29</sup>, Europa<sup>30</sup>, Azja<sup>31</sup>. Bynajmniej nie przebiegał on liniowo, lecz zgodnie z dynamiką procesów o charakterze dyfuzyjnym, to znaczy dokonujących się z różnym nasileniem w różnych kontekstach geograficznych<sup>32</sup>. Symptomatyczny w tym świetle jest też fakt, że prezydentem Europejskiej Federacji Biofeedbacku jest doktor Erik Peper, profesor Uniwersytetu Stanowego San Francisco<sup>33</sup>.

## CAN DO ATTITUDE

Przyjąwszy, że kulturę tworzą „wzory sposobów odczuwania, reagowania i myślenia, wartości i wyrastające z tych wartości normy, a także sankcje skłaniające do ich przestrzegania”<sup>34</sup> trzeba podkreślić, że proces konsolidowania się społeczeństwa amerykańskiego (określanego poręcznym mianem „tygła narodów”<sup>35</sup>), dokonywał się w duchu utylitarystycznej myśli Johna Stuarta Milła oraz pragmatyzmu, którego wyrazicielami byli John Dewey

---

<sup>26</sup> Jedną z wiodących jednostek jest Institut of the Human Brain of the Russian Academy of Science w Sankt Petersburgu, gdzie pracuje między innymi profesor Jurij Kropotow – ważny przedstawiciel rosyjskiej szkoły neurofizjologii. Odrębnym zagadnieniem jest coraz wyrazistsza od czasu upadku sowieckiego imperium dominacja amerykańskiej nauki w świecie, czego niewątpliwym sygnałem było przyjęcie przez George’a Busha w 1989 roku rezolucji numer 174, na mocy której lata dziewięćdziesiąte XX wieku ustanowiono Dekadą Mózgu. Zob. oficjalne oświadczenie: <http://www.loc.gov/loc/brain/proclaim.html> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>27</sup> <http://www.sfsu.edu/~ihhs/resources.html> [dostęp: 02.08.2015]; <https://bfe.org> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>28</sup> <http://www.addcentre.com> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>29</sup> <http://www.neurotherapy.com.au> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>30</sup> Rosja – [http://smetank.in/Htm\\_En/012E.htm](http://smetank.in/Htm_En/012E.htm) [dostęp: 02.08.2015]; Czechy – <http://www.eegbiofeedback.cz> [dostęp: 02.08.2015]; Polska – <http://ptnk.pl/sekcje-i-komisje,112.html> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>31</sup> Zob. <http://www.spectrumlearning.com.sg/nfbconference2015/> [dostęp: 02.08.2015]; <http://www.cns.org.sg/CNS.sg/Welcome.html> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>32</sup> Por. R. Linton, *Dyfuzja*, [w:] *Świat człowieka, świat kultury. Antologia tekstów klasycznej antropologii*, red. E. Nowicka, M. Głowacka-Grajper, Warszawa 2009, s. 345.

<sup>33</sup> <http://www.sfsu.edu/~ihhs/resources.html> [dostęp: 02.08.2015]; <https://bfe.org> [dostęp: 02.08.2015].

<sup>34</sup> B. Szacka, *Wprowadzenie do socjologii*, Warszawa 2003, s. 78.

<sup>35</sup> Ang. *melting pot*, z którym to określeniem polemizuje G. R. Weaver, proponując „*cookie-cutter*” *shape*. Zob. G. R. Weaver, *American Cultural Values*, Kokusai Bunka Kenshu (Intercultural Training) 1997, Vol. 14, s. 3.

oraz Wiliam James<sup>36</sup>. Stąd też czynnikami, które mogły mieć wpływ na tak żywy rozwój metody oraz jej popularyzację poza granicami USA są: ethos pracy (*work culture*), mający mocne historyczne zakorzenienie w kalwinizmie i zorientowany na wydajność<sup>37</sup>. Następnie otwartość, idea wzajemności i współpracy<sup>38</sup>, postawa „dasz radę” (*can do attitude*)<sup>39</sup>, poczucie prestiżu oraz dumy (*be proud of*)<sup>40</sup>, zarówno z dążenia do wyznaczonego celu, jak i z osiągnięcia go – sukces bowiem, będący wynikiem podjętych przez Amerykanina twórczych, innowacyjnych działań, określa jego jednostkową wartość, a tym samym współtworzy jego tożsamość<sup>41</sup>. Kwestia prestiżu odgrywa niebagatelną rolę również z perspektywy grupy przyjmującej – postrzeganie przedstawicieli społeczności przekazującej jako prestiżowej jest (prócz kategorii użyteczności i zgodności)<sup>42</sup> gwarancją skutecznej adaptacji oferowanych dóbr w nowym kręgu kulturowym.

Na koniec warto zapytać o to, czy i w jakim stopniu wspomniane odkrycia zespołu Serman/Wyrwicka mogą stanowić empirycznie weryfikowalne odzwierciedlenie intuicji wynikających z obserwacji natury, z jakimi spotykamy się na gruncie różnych tradycji? Wszak kocie cechy opisane przez naukowców: wyciszenie, czujność, spostrzegawczość, odporność odnajdujemy w wielu kulturach, które w różnym stopniu nawiązywały do nich, nierzadko doprowadzając do perfekcji w ramach określonych szkół bądź systemów. Wymieńmy tu pokrótce: nauczycieli tajji („Poruszaj się jak kot, jakbyś odwijał jedwabną nić z kokonu”<sup>43</sup>), adeptów qigong (gdzie stare powiedzenie związane z tą praktyką mówi: „Kiedy ćwiczysz Wu Qin Xi, nie imituj zwierząt, a stań się nimi”)<sup>44</sup>, mistyków sufickich (praktykujących medytację, *muraqaba*, tak zwaną „czujność, która oznacza uważność”)<sup>45</sup>, adeptów jogi (bogaty system hatha jogi zna między innymi „pozycję kot”, *marjaryasana*) i z kręgu chrześcijaństwa

<sup>36</sup> Zob. C. Hancock, *Amerykańskie społeczeństwo demokratyczne w oczach Amerykanki*, [w:] *Wyzwania współczesnej demokracji*, „Człowiek w Kulturze” 2008, nr 20, s. 124.

<sup>37</sup> Zob. H. G. Gutman, *Work, Culture, and Society in Industrializing America, 1815–1919*, „The American Historical Review” 1973, Vol. 78, No. 3, s. 531–588.

<sup>38</sup> D. Mauk, J. Oakland, *American Civilization. An Introduction*, Roudledge 1995, s. 12.

<sup>39</sup> Zob. C. Hancock, op. cit., s. 125.

<sup>40</sup> Na tę cechę zwrócił uwagę Vance Packard, który określił Stany Zjednoczone jako kraj ludzi konkurujących w dążeniu do pozycji, żeby zaimponować innym.

<sup>41</sup> Por. G. R. Weaver, op. cit., s. 17.

<sup>42</sup> R. Linton, *Dyfuzja*, op. cit., s. 350–352.

<sup>43</sup> Słowa mistrza Wu Yuxiang za: <http://www.wudang.cis.com.pl> [dostęp: 22.04.2015].

<sup>44</sup> *Ćwiczenia Pięciu Zwierząt* za: [www.oldyangstyle.wordpress.com](http://www.oldyangstyle.wordpress.com) [dostęp: 22.04.2015].

<sup>45</sup> Szajch Hazrat Azad Rasool, *W stronę serca. Przebudzenie na ścieżce sufich*, tłum. A. Saramowicz, Jaworze 2011, s. 117 (znajduje się tam świadectwo Szajcha Dżunaida z Bagdadu, który – jak twierdził – medytacji nauczył się od polującego kota).

hezychastów, dla których czujność (*nepsis*) stanowiła warunek sine qua non w drodze do zjednoczenia z Absolutem<sup>46</sup>. Oczywiście zasygnalizowane tu wątki wymagają znacznie głębszej analizy. Można jednak wyrazić przypuszczenie, że opisane wyżej badania nieoczekiwanie nawiązały w twórczy sposób do wielowiekowej spuścizny mistrzów, umożliwiając równocześnie współczesnemu mieszkańcowi Zachodu lepsze poznanie oraz pełniejsze wykorzystanie własnego potencjału, kształtowanego wpływami coraz bardziej charakterystycznymi dla rzeczywistości matriksa. Ponadto, zjawisko felinoterapii<sup>47</sup> czy gadżet o nazwie *nekomimi* (będący popkulturowym echem odsyłającym do osiągnięć z dziedziny elektroencefalografii oraz samoregulacji<sup>48</sup>) zdają się potwierdzać, jak płodny i niezmiennie zaskakujący jest to obszar.

## NEUROFEEDBACK – PERSPEKTYWY

Obecnie metoda neurofeedback stosowana jest przede wszystkim komplementarnie w leczeniu wspomnianych wcześniej schorzeń, głównie psychiatrycznych, ale także u osób po wypadkach, urazach czaszkowo-mózgowych<sup>49</sup>, w chorobach neurodegeneracyjnych<sup>50</sup> oraz – niezmiennie od czasu odkryć Stermana i Wyrwickiej – jako technika wspomagająca redukcję napadów padaczkowych. W Polsce stosują ją przeważnie psycholodzy i pedagodzy, ale także lekarze różnych specjalności. Coraz częściej, zgodnie z biopsychospołecznym modelem zdrowia, neurofeedback wkomponowany jest w całościowy program terapeutyczny, obok psychoterapii, farmakoterapii oraz rehabilitacji ruchowej<sup>51</sup>. Systematycznej analizie poddawana jest także ocena efektów uzyskiwanych za pomocą różnych

---

<sup>46</sup> Greckie pojęcie νῆψις odnosi się w literaturze hezychastycznej do „duchowej trzeźwości”, zaś termin oznaczający czujność sensu stricto (γρηγορήσις) występuje w tekstach oryginalnych znacznie rzadziej. Warto przy okazji nadmienić, że ojcowie neptyczni również posługiwali się obrazem „łowcy i ofiary” w procesie wykrywania pokus oraz natychmiastowej reakcji na nie w postaci wzmożonej modlitwy (zob. *Filokalia. Teksty o modlitwie serca*, tłum. i oprac. J. Naumowicz, Kraków 1998, s. 179).

<sup>47</sup> „Leczenie kotem” (łac. *felis* – kot). Zob. <http://www.kociezycie.pl/?action=strona-&site=134> [dostęp: 22.04.2015].

<sup>48</sup> Chodzi tu o tak zwane kocie uszy, czyli aparaturę wizualne odzwierciedlającą stan umysłu ich właściciela <http://store.necomimi.com/products/necomimi> [dostęp: 22.04.2015]. W Japonii zaś w 1905 roku powstała oryginalna powieść autorstwa Natsume Sōseki pt. *Jestem kotem*, opisująca świat postrzegany z perspektywy kota.

<sup>49</sup> Zob. Handbook of Neurofeedback..., op. cit., s. 353–356.

<sup>50</sup> Zob. ibidem, s. 231–258.

<sup>51</sup> Więcej w: O. M. Giggins, U. M. Persson, B. Caulfield, Biofeedback in Rehabilitation, “Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation” 2013, Vol. 10, Article 60, s. 1–11.



modułów biofeedbacku: biofeedback aktywności elektrodermalnej (EDA/GSR biofeedback), biofeedback wolnych potencjałów korowych (SCP), biofeedback EMG (trening mięśniowy), biofeedback RSA (trening oddechu) czy też biofeedback oparty na rytmie pracy serca (HRV)<sup>52</sup>.

Wzrost świadomości społecznej dotyczącej zdrowia psychicznego prowadzi również do częstszego sięgania po techniki wspomagające pracę mózgu (takie jak neurofeedback) wśród osób zdrowych, chcących poprawić wydolność mózgu, ale także nabyć umiejętności samoregulacji oraz samokontroli własnych procesów fizjologicznych i psychicznych. Trend ten szczególnie wyraźnie widać w psychologii sportu, gdzie praca w obszarze motywacji klienta często obejmuje także neuroterapię. Coraz bardziej powszechne staje się także stosowanie jednocześnie kilku różnych modułów biofeedbacku, na przykład neurofeedback razem z EDA biofeedback<sup>53</sup>.

## AMERICAN CAT, OR CATS AND HUMANS IN NEUROSCIENCE

The article presents a brief description of American studies from the '60s and the '70s in the field of neuroscience which led towards substantial changes in behavioral methods which enabled to modify permanently patterns of brain activity. Furthermore, cultural and historical background of these findings is discussed.

First recordings of the brain's spontaneous electrical activity in humans in the 1920's made it possible to observe changes in brain's activity, especially those that occur during learning processes.

Based on learning theories that underlie changes in behavioral patterns: Pavlovian conditioning, and Thorndike's operant conditioning, American researchers have shown that brain's electrical activity may be considered as behavior and according to the principles of conditioning, it may be modified.

Sterman's further research on rocket fuel and sensorimotor rhythm in cats led to a spectacular achievement which was soon transformed into a complementary technique of reducing the number of epileptic seizures in humans. The new therapeutic method was named neurofeedback (or EEG biofeedback) and nowadays it can be applied in treating ADHD, ADD, mood disorders, anxiety disorders, chronic pain but also in mind fitness trainings.

---

<sup>52</sup> Por. P. L. A. Schoenberg, A. S. David, *Biofeedback for Psychiatric Disorders: A Systematic Review*, "Applied Psychophysiology and Biofeedback" 2014, Vol. 39, s. 109–135

<sup>53</sup> Zob. B. Blumentstein, *Biofeedback Applications in Sport and Exercise: Research Findings*, [w:] *Brain and Body in Sports and Exercise. Biofeedback Applications in Performance Enhancement*, eds B. Blumentstein, M. Bar-Eli, G. Tenenbaum, West Sussex 2002, s. 37–43



There are some characteristics of the American mentality which could have contributed to the global distribution of neurofeedback. However, traditional origins of learning how to modify brain and body functions can be found in taoism, hinduism, sufism and christianity.

#### KEYWORDS

United States of America, electroencephalography, sensorimotor rhythm, EEG biofeedback, neurofeedback, cultural mentality, diffusion

#### BIBLIOGRAFIA

1. Berger H., *Über das Elektrenkephalogramm des Menschen* [On the electroencephalogram of humans], „Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten” 1929, Vol. 87, s. 527–570.
2. Blumentstein B., *Biofeedback Applications in Sport and Exercise: Research Findings*, [w:] *Brain and Body in Sports and Exercise. Biofeedback Applications in Performance Enhancement*, eds B. Blumentstein, M. Bar-Eli, G. Tenenbaum, West Sussex 2002, s. 37–43
3. Coenen A., Zayachkivska O., *A Adolf Beck: A Pioneer in Electroencephalography in between Richard Caton and Hans Berger*, „Advances in Cognitive Psychology” 2013, Vol. 9 (4), s. 216–221.
4. Einstein A., Infeld L., *Ewolucja fizyki. Rozwój poglądów od najdawniejszych pojęć do teorii względności i kwantów*, Warszawa 1998.
5. *Filokalia. Teksty o modlitwie serca*, tłum. i oprac. J. Naumowicz, Kraków 1998, s. 179.
6. Giggins O. M., Persson U. M., Caulfield U., *Biofeedback in Rehabilitation*, “Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation” 2013, Vol. 10, Article 60, s. 1–11.
7. Gloor P., *Hans Berger and the Discovery of the Eelectroencephalogram*, [w:] *Hans Berger on the Electroencephalogram of Man. The Fourteen Original Reports on the Human Encephalogram*, ed. P. Gloor, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Amsterdam 1969, s. 1–36.
8. Gunkelman J. D., Johnstone J., *Neurofeedback and the Brain*, „Journal of Adult Development” 2005, Vol. 12, Nos. 2/3, s. 93–98.
9. Gutman H. G., *Work, Culture, and Society in Industrializing America, 1815–1919*, „The American Historical Review” 1973, Vol. 78, No. 3.
10. Hancock C., *Amerykańskie społeczeństwo demokratyczne w oczach Amerykanina*, [w:] *Wyzwania współczesnej demokracji*, „Człowiek w Kulturze” 2008, nr 20.
11. *Handbook of Neurofeedback. Dynamics and Clinical Applications*, ed. J. R. Evans, New York 2007.
12. *Hans Berger on the Electroencephalogram of Man. The Fourteen Original Reports on the Human Encephalogram*, ed. P. Gloor, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Amsterdam 1969.
13. Kamiya J., *Operant Control of the EEG Alpha Rhythm and Some of Its Reported Effects on Consciousness*, [w:] *Altered States of Consciousness*, ed. C. Tart, New York 1969.

14. *Legends indyjskie*, tłum. M. Skibniewska, wybór i oprac. E. Kmiecik, Wrocław 2006.
15. Martin P., *Umysł, który szkodzi. Mózg, zachowanie, odporność i choroba*, tłum. P. Turski, Warszawa 2011.
16. Mauk D., Oakland J., *American Civilization. An Introduction*, Roudledge 1995.
17. Monderer R. S., Harrison D. M., Haut S. R., *Neurofeedback and Epilepsy*, „Epilepsy & Behavior” 2002, Vol. 3, s. 214–218.
18. Schoenberg P. L. A., David A. S., *Biofeedback for Psychiatric Disorders: A Systematic Review*, „Applied Psychophysiology and Biofeedback” 2014, Vol. 39, s. 109–135.
19. Scrimali T., *Entropia della mente ed entropia negativa. Nuove prospettive, cognitive e complesse per la schizofrenia e la sua terapia*, Milano 2006
20. Scrimali T., *Neuroscienze e psicologia clinica*, Milano 2010.
21. Sterman M. B., *Basic Concepts and Clinical Findings in the Treatment of Seizure Disorders with EEG Operant Conditioning*, „Clinical Electroencephalography” 2000, Vol. 31, s. 45–55.
22. Sterman M. B., Friar, L., *Suppression of Seizures in an Epileptic Following Sensorimotor EEG Feedback Training*, „Electroencephalography Clinical Neurophysiology” 1972, Vol. 33, s. 89–95.
23. Sterman M. B., LoPresti R. W., Fairchild M. D., *Electroencephalographic and Behavioral Studies of Monomethylhydrazine Toxicity in the Cat*, AMRLTR-69-3, Aerospace Medical Research Laboratories, Wright-Patterson Air Force Base, June 1969, Ohio.
24. Szacka B., *Wprowadzenie do socjologii*, Warszawa 2003.
25. Szajch Hazrat Azad Rasool, *W stronę serca. Przebudzenie na ścieżce sufich*, tłum. A. Saramowicz, Jaworze 2011.
26. *Świat człowieka, świat kultury. Antologia tekstów klasycznej antropologii*, red. E. Nowicka, M. Głowacka-Grajper, Warszawa 2009.
27. Wadhawan V. K., *Nauka złożoności. Trudne pytania, które zadajemy o sobie i o naszym Wszechświecie*, tłum. M. Koraszewska, Wrocław 2010.
28. Weaver G. R., *American Cultural Values*, Kokusai Bunka Kenshu (Intercultural Training) 1997, Vol. 14.
29. Wyrwicka W., Sterman B. M., *Instrumental Conditioning of Sensorimotor Cortex EEG Spindles in the Waking Cat*, „Physiology and Behavior” 1968, Vol. 3, s. 703–707.
30. Yucha C., Montgomery D., *Evidence-Based Practice in Biofeedback And Neurofeedback*, Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2008.

PRZEMYSŁAW GAJDA-MORSZEWSKI, KLAUDYNA ŚPIEWAK  
(UNIwersYTET Jagielloński)

## MEDYCZNE ZASTOSOWANIA LAKTOFERYNY

### STRESZCZENIE

Laktoferyna, białko wydzielnicze występujące w dużym stężeniu w sianie i mleku, w mniejszym w ślinie, łzach, nasieniu, śluzie itd., od lat przyciąga uwagę badaczy ze względu na szerokie spektrum działania. Przypisuje się jej działanie antybakteryjne, przeciwgrzybicze, antywirusowe, immunomodulacyjne, przeciwnowotworowe oraz wiele innych. W poniższym artykule opisano wyniki najnowszych badań dotyczących medycznych zastosowań laktoferyny. Białko to jest niezwykle interesujące ze względu na różnorodność pełnionych funkcji przy jednoczesnym braku toksyczności, czego dowodem jest posiadanie certyfikatu GRAS (Generally Recognized as Safe).

### SŁOWA KLUCZOWE

bydlęca laktoferyna (bLf), laktoferyna (Lf), laktoferycyna, bakteria, HIV, fungi, sepsa

### INFORMACJE O AUTORACH

Przemysław Gajda-Morszewski  
Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydział Chemii  
Uniwersytet Jagielloński  
e-mail: [pgmorszewski@gmail.com](mailto:pgmorszewski@gmail.com)

Klaudyna Śpiewak  
Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydział Chemii  
Uniwersytet Jagielloński  
e-mail: [klaudyna.spiewak@gmail.com](mailto:klaudyna.spiewak@gmail.com)

## WSTĘP

Laktoferyna (Lf) jest białkiem z rodziny transferyn występującym w płynach i wydzielinach śluzowych ssaków: w mleku, ślinie, łzach, nasieniu itd. Lf jest glikoproteina o masie cząsteczkowej około 80 kDa, składającą się z pojedynczego łańcucha polipeptydowego, posiadającego dwa homologiczne płyty: N oraz C (ryc.). Główną funkcją laktoferyny pełnioną w organizmie ludzkim jest wiązanie wolnych jonów żelaza, stąd w jej strukturze znajdują się dwa specyficzne miejsca wiążące o wysokim powinowactwie do jonów  $Fe^{3+}$ . Laktoferyna, wiążąc żelazo, zmniejsza jego dostępność dla bakterii patogennych i zapobiega namnażaniu patogenów<sup>1</sup>. Oprócz zdolności chelatujących laktoferyna wykazuje istotne działanie immunoregulatorowe, polegające na indukowaniu dojrzewania prekursorowych komórek T do dojrzałych komórek pomocniczych oraz różnicowaniu niedojrzałych komórek B, powodując, że stają się one komórkami efektywnie produkującymi antygeny. Dodatkowo laktoferyna powoduje silne pobudzenie układu odpornościowego<sup>2</sup>.

Szeroko opisywane są właściwości antibakteryjne, przeciwrzybicze i antywirusowe laktoferyny, które przyczyniły się do ogromnego wzrostu zainteresowania tym białkiem jako składnikiem wykorzystywanym do produkcji zarówno suplementów diety, jak i wyrobów medycznych<sup>3</sup>. Laktoferyna znalazła szczególne zastosowanie w profilaktyce zakażeń u wcześniaków, noworodków i starszych dzieci<sup>4</sup>. Doustna suplementacja różnymi formami laktoferyny ma

<sup>1</sup> S. Farnaud, R. W. Evans, *Lactoferrin – A Multifunctional Protein with Antimicrobial Properties*, “Molecular Immunology” 2003, No. 40, s. 395–405.

<sup>2</sup> J. K. Actor, S.-A. Hwang, M. L. Kruzel, *Lactoferrin as A Natural Immune Modulator*, “Current Pharmaceutical Design” 2009, No. 15, s. 1956–1973.

<sup>3</sup> L. Sanchez, M. Calvo, J. H. Brock, *Biological Role of Lactoferrin*, “Archives of Disease in Childhood” 1992, No. 67, s. 657–661.

<sup>4</sup> I. M. Akin et al., *Oral Lactoferrin to Prevent Nosocomial Sepsis and Necrotizing Enterocolitis of Premature Neonates and Effect on T-regulatory Cells*, “American Journal of Perinatology” 2014, No. 31, s. 1111–1120; G. Kaur, G. Gathwala, *Efficacy of Bovine Lactoferrin Supplementation in Preventing Late-onset Sepsis in low Birth Weight Neonates: A Randomized Placebo-Controlled Clinical Trial*, “Journal of Tropical Pediatrics” 2015, No. 61, s. 370–376; P. Manzoni et al., *Lactoferrin and Prevention of Late-onset Sepsis in the Pre-term Neonates*, “Early Human Development” 2010, No. 86, Suppl. 1, s. 59–61; P. Manzoni et al., *Bovine Lactoferrin Supplementation for Prevention of Necrotizing Enterocolitis in Very-low-birth-weight Neonates: A Randomized Clinical Trial*, “Early Human Development” 2014, No. 90, s. S60–S65; P. Manzoni et al., *Bovine Lactoferrin Supplementation for Prevention of Late-onset Sepsis in Very Low-birth-weight Neonates: A Randomized Trial*, “JAMA” 2009, No. 302, s. 1421–1428; P. Manzoni et al., *Clinical Use of Lactoferrin in Preterm Neonates: An Update*, “Minerva pediatrica” 2010, No. 62, s. 101–104; P. Mohan, S. A. Abrams, *Oral*

Ryc. Struktura bydłczej laktoferyny z jonami  $Fe^{3+}$  w miejscach wiążących.  
Rysunek wykonano za pomocą programu Chimera (PDB: 1BLF)



Źródło: opracowanie własne.

duże znaczenie w łagodzeniu objawów klinicznych zjawiska translokacji bakterii ze światła jelita do krwioobiegu, wywołującego sepsę u noworodków o bardzo małej wadze urodzeniowej. Oprócz prewencji sepsy laktoferyna ma obecnie różnorakie zastosowanie medyczne. W pracy opisano kilka najciekawszych aplikacji tego białka.

---

*Lactoferrin for the Treatment of Sepsis and Necrotizing Enterocolitis in Neonates*, "Cochrane Database of Systematic Reviews" 2009, doi:10.1002/14651858.CD007138.pub2; T. J. Ochoa et al., *Randomized Controlled Trial of Lactoferrin for Prevention of Sepsis in Peruvian Neonates Less than 2500 g*, "Pediatric Infectious Disease Journal" 2015, No. 34, s. 571–576; M. Pammi, S. A. Abrams, *Oral Lactoferrin for the Treatment of Sepsis and Necrotizing Enterocolitis in Neonates*, "Cochrane Database of Systematic Reviews" 2011.

## AKTYWNOŚĆ ANTYBAKTERYJNA

Właściwości antybakteryjne laktoferyny zostały potwierdzone i opisane przez wiele grup badawczych. Ze względu na bardzo wysokie powinowactwo do żelaza białko to ma właściwości bakteriostatyczne. Kontroluje stężenie jonów  $Fe^{+3}$  i wychwytuje wolne żelazo potrzebne bakteriom, co utrudnia ich rozwój<sup>5</sup>. Dodatkowo stwierdzono, że obecność laktoferyny zwiększa ruchliwość bakterii, zapobiegając ich adhezji na powierzchni komórek gospodarza. Utrudnia to także tworzenie struktury zwanej biofilmem – złożonej, odpornej kolonii bakterii otoczonej substancjami organicznymi, które uniemożliwiają kontakt leukocytów i leków z komórkami bakterii<sup>6</sup>. Mechanizm antyadhezyjnego działania laktoferyny nie jest znany.

Antybakteryjne działanie laktoferyny zostało udowodnione zarówno dla bakterii gram-dodatnich, jak i gram-ujemnych w badaniach *in vitro* i *in vivo*<sup>7</sup>. Lizozym będący białkiem kationowym o masie około 14 kDa również należy do systemu ochrony przeciwbakteryjnej organizmu. Niszczy błonę bakterii gram-dodatnich poprzez hydrolizę budujących ją peptydoglikanów. Obecność laktoferyny, która wiąże się do negatywnie naładowanych elementów, zmniejszając tym samym ujemny ładunek całej błony, ułatwia kontakt lizozymu z błoną bakterii. Bakterie gram-ujemne posiadają dodatkową zewnętrzną błonę zbudowaną z lipopolisacharydów (LPS). Błona ta chroni bakterię przed bakteriobójczym lizozymem. Badania wykazały, że bydłęca laktoferyna (bLf) przyczynia się do uwalniania LPS z błon bakterii gram-ujemnych, sprawiając, że są one podatne na hydrofobowe antybiotyki lub na sam lizozym<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> J. Małaczewska, Z. Rotkiewicz, *Laktoferyna – białko multipotencjalne*, „Medycyna Weterynaryjna” 2007, nr 63, s. 136–139.

<sup>6</sup> M. C. Ammons, V. Copié, *Mini-review: Lactoferrin: A Bioinspired, Anti-biofilm Therapeutic*, “Biofouling” 2013, No. 29, s. 443–455; M. Godoy-Gallardo et al., *Covalent Immobilization of hLf1-11 Peptide on a Titanium Surface Reduces Bacterial Adhesion and Biofilm Formation*, „Acta Biomaterialia” 2014, No. 10, s. 3522–3534.

<sup>7</sup> D. A. Rodríguez-Franco, L. Vázquez-Moreno, G. Ramos-Clamont Montfort, *Antimicrobial Activity of Lactoferrin: Mechanisms and Possible Clinical Applications*, “Revista Latinoamericana de Microbiología” 2005, No. 47, s. 102–111.

<sup>8</sup> K. Yamauchi, M. Tomita, T. J. Giehl, R. T. Ellison III, *Antibacterial Activity of Lactoferrin and a Pepsin-derived Lactoferrin Peptide Fragment*, “Infection and Immunity” 1993, No. 61, s. 719–728.

## HELICOBACTER PYLORI<sup>9</sup>

Szacuje się, że 80% populacji w krajach rozwijających się oraz 20–50% populacji w krajach rozwiniętych jest zakażonych szczepem *Helicobacter Pylori*. Mechanizm i przyczyny rozwijania się zakażenia nie są znane. Mimo że w wielu przypadkach zakażenie nie rozwija się, to obecność bakterii może być powodem przewlekłej choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy oraz zapalenia żołądka typu B, co może w efekcie prowadzić nawet do nowotworu żołądka.

Pacjentom cierpiącym na choroby spowodowane zakażeniem *H. Pylori* zaleca się terapię trzema lekami. Standardowa terapia potrójna zawiera omeprazol, amoksylicynę oraz klarytromycynę. W latach 2008–2011 przeprowadzono ocenę skuteczności terapii potrójnej, porównując efekty stosowania terapii z dodatkiem probiotyku i laktoferyny z terapią bez dodatku laktoferyny. W badaniach wzięło udział 68 pacjentów, których podzielono na dwie grupy: grupę leczoną kombinacją trzech wspomnianych leków (A) oraz grupę leczoną taką samą kombinacją leków, jednak z dodatkiem probiotyku i wołowej laktoferyny. Badania wykazały, że dodatek Lf nie miał wpływu na szybkość eliminacji bakterii, jednakże u pacjentów z grupy B (30/34) stwierdzono skuteczniejsze zmniejszenie populacji *H. Pylori* niż u pacjentów z grupy A (26/34). Dodatkowo stwierdzono, że w grupie B rzadziej występowały efekty uboczne stosowania terapii potrójnej.

## AKTYWNOŚĆ ANTYWIRUSOWA

Laktoferyna wykazuje antywirusowe właściwości przeciwko szerokiemu spektrum zarówno RNA, jak i DNA wirusów. Do zainfekowania komórek dochodzi w momencie kontaktu receptora wirusa z receptorem specyficznym komórki gospodarza. W wyniku tego kontaktu wirus może wnikać do wnętrza komórki. Funkcje receptora specyficznego najczęściej pełnią glikozoaminoglikany. Lf poprzez wiązanie się do tych receptorów utrudnia wirusom wnikięcie do wnętrza komórki, czym hamuje postęp zakażenia<sup>10</sup>. Ponieważ infekcje wirusowe są o wiele trudniejsze do leczenia niż infekcje bakteryjne, wykorzystanie

---

<sup>9</sup> S. Suerbaum, P. Michetti, *Helicobacter Pylori Infection*, “The New England Journal of Medicine” 2002, No. 347, s. 1175–1186; S. Tolone, V. Pellino, G. Vitaliti, A. Lanzafame, C. Tolone, *Evaluation of Helicobacter Pylori Eradication in Pediatric Patients by Triple Therapy Plus Lactoferrin and Probiotics Compared to Triple Therapy Alone*, “Italian Journal of Pediatrics” 2012, No. 38, s. 63.

<sup>10</sup> P. E. Florian, C. Lazar, N. Nichita, A. Roseanu, [w:] *Viral Infections: Causes, Treatment Options and Potential Complications*, Nova Science Publishers, Inc. 2014, s. 205–246.



laktoferyny w terapii kombinowanej jest tematyką bardzo ważną, która zwraca uwagę środowisk naukowych.

## WIRUS HIV

Wirus zespołu nabytego braku odporności (HIV) jest wyzwaniem dla medycyny. Do tej pory nie udało się znaleźć skutecznej terapii. Obecnie stosowane leki mogą jedynie zatrzymać rozwój zakażenia, nie dopuszczając do AIDS i zamieniając HIV w chorobę przewlekłą<sup>11</sup>. Wiele badań potwierdza, że Lf wykazuje silnie działanie przeciw wirusowi, polegające na opóźnieniu jego replikacji i utrudnianiu mu wnikania do komórek gospodarza według wspomnianego wcześniej mechanizmu blokowania receptorów specyficznych<sup>12</sup>. Udowodniono, że naturalnym mechanizmem obronnym organizmu podczas zakażenia wirusem HIV jest wzmożone wydzielanie laktoferyny oraz lizozymu w ślinie, co potwierdza funkcję obronną laktoferyny<sup>13</sup>.

## ANTYGRZYBICZE WŁAŚCIWOŚCI LAKTOFERYNY

W literaturze opisywane są również właściwości antygrzybicze laktoferyny. Doświadczonym mechanizmem przeciwgrzybiczego działania Lf jest oddziaływanie ze ścianami komórkowymi grzybów i destabilizacja zewnętrznej ściany powodująca wzrost przepuszczalności błony. Dodatkowo naładowany N-końcowy łańcuch białka może oddziaływać z ujemnie naładowaną ścianą komórkową grzybów.

Udowodniono, że połączenie flukonazolu (leku przeciwgrzybiczego) z laktoferyną daje synergiczny efekt wzmacniający działanie hamujące wzrost *Candida spp.* oraz *Candida albicans* (szczep oporny na flukanazol). Aktywność

---

<sup>11</sup> G. V. Zuccotti, F. Salvini, E. Riva, C. Agostoni, *Oral Lactoferrin in HIV-1 Vertically Infected Children: An Observational Follow-up of Plasma Viral Load and Immune Parameters*, "Journal of International Medical Research" 2006, No. 34, s. 88–94; S. A. González-Chávez, S. Arévalo-Gallegos, Q. Rascón-Cruz, *Lactoferrin: Structure, Function and Applications*, "International Journal of Antimicrobial Agents" 2009, No. 33, s. 301.e1–8; G. V. Zuccotti et al., *Modulation of Innate and Adaptive Immunity by Lactoferrin in Human Immunodeficiency Virus (HIV)-infected, Antiretroviral Therapy-naïve Children*, "International Journal of Antimicrobial Agents" 2007, No. 29, s. 353–355.

<sup>12</sup> B. Berkhout et al., *Characterization of the Anti-HIV Effects of Native Lactoferrin and Other Milk Proteins and Protein-derived Peptides*, "Antiviral Research" 2002, No. 55, s. 341–355.

<sup>13</sup> D. Greenspan, J. S. Greenspan, *HIV-related Oral Disease*, "Lancet" 1996, No. 348, s. 729–733.



przeciwgrzybiczą posiadają również peptydy pochodzące od laktoferyny. Peptyd ludzkiej laktoferyny hLf (1–11, peptyd pochodzący z N-końca łańcucha peptydowego Lf) efektywnie hamował rozwój *Candida albicans* w modelu mysim<sup>14</sup>. Aktywność wobec *Candida albicans* wykazywała również laktoferycyna B (17–41, peptyd pochodzący z N-końca łańcucha peptydowego Lf). Komórki tego szczepu po inkubacji z laktoferycyną B zawierały ultra-zniszczenia, wskazujące na autolizę<sup>15</sup>. Działanie laktoferyny sprawdzono również podczas badań klinicznych, w których uczestniczyły noworodki z bardzo niską masą urodzeniową, szczególnie narażone na różnego rodzaju zakażenia. Badania dowiodły, że suplementacja laktoferyną powodowała zmniejszenie częstości występowania inwazyjnego zakażenia grzybiczego. Nie zaobserwowano żadnych skutków ubocznych ani nietolerancji<sup>16</sup>.

Opisane wyniki stanowią jedynie część z obecnie badanych potencjalnych zastosowań laktoferyny. W Japonii preparaty z laktoferyną badane są pod kątem leczenia otyłości, wciąż też prowadzone są badania mające na celu potwierdzenie jej przeciwnowotworowych właściwości. Laktoferyna obecnie znajduje się w wielu preparatach medycznych i suplementach diety o działaniu wspomagającym odporność, w preparatach na ból gardła oraz mających na celu poprawienie stanu skóry. Korzystny wpływ laktoferyny potwierdza również zasadność karmienia noworodków mlekiem matki.

## MEDICAL APPLICATIONS OF LACTOFERRIN

Lactoferrin is a secreted protein found in high concentrations in colostrum and milk, less abundant in saliva, tears, semen and mucus etc. etc., has been attracting the attention of researchers because of the broad spectrum of action. Lactoferrin has an antibacterial, antifungal, antiviral, immunomodulatory, antineoplastic activity and many others. The following article describes the results of recent research on medical applications of lactoferrin. This protein is very interesting because of the variety of functions performed in the absence of toxicity, as evidenced by the certificates have GRAS (Generally Recognized as Safe).

---

<sup>14</sup> A. Lupetti et al., *Human Lactoferrin-derived Peptide's Antifungal Activities Against Disseminated Candida Albicans Infection*, "Journal of Infectious Diseases" 2007, No. 196, s. 1416–1424.

<sup>15</sup> P. Valenti, P. Visca, G. Antonini, N. Orsi, *Interaction between Lactoferrin and Ovotransferrin and Candida Cells*, "FEMS Microbiology Letters" 1986, No. 33, s. 271–275.

<sup>16</sup> P. Manzoni et. al., *Bovine Lactoferrin Prevents Invasive Fungal Infections in Very Low Birth Weight Infants: A Randomized Controlled Trial*, "Pediatrics" 2012, No. 129, s. 1–10.

## KEYWORDS

bovine lactoferrin (bLf), lactoferrin (Lf), lactoferricin, bacteria, HIV, fungi, sepsis

## BIBLIOGRAFIA

1. Actor J. K., Hwang S.-A., Kruzel M. L., *Lactoferrin as A Natural Immune Modulator*, "Current Pharmaceutical Design" 2009, No. 15, s. 1956–1973.
2. Akin I. M. et al., *Oral Lactoferrin to Prevent Nosocomial Sepsis and Necrotizing Enterocolitis of Premature Neonates and Effect on T-regulatory Cells*, "American Journal of Perinatology" 2014, No. 31, s. 1111–1120.
3. Ammons M. C., Copié V., *Mini-review: Lactoferrin: A Bioinspired, Anti-biofilm Therapeutic*, "Biofouling" 2013, No. 29, s. 443–455.
4. Berkhout B. et al., *Characterization of the Anti-HIV Effects of Native Lactoferrin and Other Milk Proteins and Protein-derived Peptides*, "Antiviral Research" 2002, No. 55, s. 341–355.
5. Farnaud S., Evans R. W., *Lactoferrin – A Multifunctional Protein with Antimicrobial Properties*, "Molecular Immunology" 2003, No. 40, s. 395–405.
6. Florian P. E., Lazar C., Nichita N., Roseanu A., [w:] *Viral Infections: Causes, Treatment Options and Potential Complications*, Nova Science Publishers, Inc. 2014, s. 205–246.
7. Godoy-Gallardo M. et al., *Covalent Immobilization of hLf1-11 Peptide on a Titanium Surface Reduces Bacterial Adhesion and Biofilm Formation*, „Acta Biomaterialia” 2014, No. 10, s. 3522–3534.
8. González-Chávez S. A., Arévalo-Gallegos S., Rascón-Cruz Q., *Lactoferrin: Structure, Function and Applications*, "International Journal of Antimicrobial Agents" 2009, No. 33, s. 301.e1–8.
9. Greenspan D., Greenspan J. S., *HIV-related Oral Disease*, "Lancet" 1996, No. 348, s. 729–733.
10. Kaur G., Gathwala G., *Efficacy of Bovine Lactoferrin Supplementation in Preventing Late-onset Sepsis in low Birth Weight Neonates: A Randomized Placebo-Controlled Clinical Trial*, "Journal of Tropical Pediatrics" 2015, No. 61, s. 370–376.
11. Lupetti A. et al., *Human Lactoferrin-derived Peptide's Antifungal Activities Against Disseminated Candida Albicans Infection*, "Journal of Infectious Diseases" 2007, No. 196, s. 1416–1424.
12. Małaczewska J., Rotkiewicz Z., *Laktoferyna – białko multipotencjalne*, „Medycyna Weterynaryjna” 2007, nr 63, s. 136–139.
13. Manzoni P. et al., *Bovine Lactoferrin Supplementation for Prevention of Necrotizing Enterocolitis in Very-low-birth-weight Neonates: A Randomized Clinical Trial*, "Early Human Development" 2014, No. 90, s. S60–S65.
14. Manzoni P. et al., *Bovine Lactoferrin Supplementation for Prevention of Late-onset Sepsis in Very Low-birth-weight Neonates: A Randomized Trial*, "JAMA" 2009, No. 302, s. 1421–1428.

15. Manzoni P. et al., *Clinical Use of Lactoferrin in Preterm Neonates: An Update*, "Minerva pediatrica" 2010, No. 62, s. 101–104.
16. Manzoni P. et al., *Lactoferrin and Prevention of Late-onset Sepsis in the Pre-term Neonates*, "Early Human Development" 2010, No. 86, Suppl. 1, s. 59–61.
17. Manzoni P. et al., *Bovine Lactoferrin Prevents Invasive Fungal Infections in Very Low Birth Weight Infants: A Randomized Controlled Trial*, "Pediatrics" 2012, No. 129, s. 1–10.
18. Mohan P., Abrams S. A., *Oral Lactoferrin for the Treatment of Sepsis and Necrotizing Enterocolitis in Neonates*, "Cochrane Database of Systematic Reviews" 2009, doi:10.1002/14651858.CD007138.pub2.
19. Ochoa T. J. et al., *Randomized Controlled Trial of Lactoferrin for Prevention of Sepsis in Peruvian Neonates Less than 2500 g*, "Pediatric Infectious Disease Journal" 2015, No. 34, s. 571–576.
20. Pammi M., Abrams S. A., *Oral Lactoferrin for the Treatment of Sepsis and Necrotizing Enterocolitis in Neonates*, "Cochrane Database of Systematic Reviews" 2011.
21. Rodríguez-Franco D. A., Vázquez-Moreno L., Ramos-Clamont Montfort G., *Antimicrobial Activity of Lactoferrin: Mechanisms and Possible Clinical Applications*, "Revista Latinoamericana de Microbiología" 2005, No. 47, s. 102–111.
22. Sanchez L., Calvo M., Brock J. H., *Biological Role of Lactoferrin*, "Archives of Disease in Childhood" 1992, No. 67, s. 657–661.
23. Suerbaum S., Michetti P., *Helicobacter Pylori Infection*, "The New England Journal of Medicine" 2002, No. 347, s. 1175–1186.
24. Tolone S., Pellino V., Vitaliti G., Lanzafame A., Tolone C., *Evaluation of Helicobacter Pylori Eradication in Pediatric Patients by Triple Therapy Plus Lactoferrin and Probiotics Compared to Triple Therapy Alone*, "Italian Journal of Pediatrics" 2012, No. 38, s. 63.
25. Valenti P., Visca P., Antonini G., Orsi N., *Interaction between Lactoferrin and Ovotransferrin and Candida Cells*, "FEMS Microbiology Letters" 1986, No. 33, s. 271–275.
26. Yamauchi K., Tomita M., Giehl T. J., Ellison III R. T., *Antibacterial Activity of Lactoferrin and a Pepsin-derived Lactoferrin Peptide Fragment*, "Infection and Immunity" 1993, No. 61, s. 719–728.
27. Zuccotti G. V. et al., *Modulation of Innate and Adaptive Immunity by Lactoferrin in Human Immunodeficiency Virus (HIV)-infected, Antiretroviral Therapy-naïve Children*, "International Journal of Antimicrobial Agents" 2007, No. 29, s. 353–355.
28. Zuccotti G. V., Salvini F., Riva E., Agostoni C., *Oral Lactoferrin in HIV-1 Vertically Infected Children: An Observational Follow-up of Plasma Viral Load and Immune Parameters*, "Journal of International Medical Research" 2006, No. 34, s. 88–94.



## INFORMACJE O AUTORACH

Anna Bazarnik – psycholog, psychoterapeuta, doktorantka Wydziału Lekarskiego Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum, certyfikowany terapeuta EEG biofeedback, trzykrotna stypendystka Rządu włoskiego. Interesuje się neuropsychologią oraz psychologią międzykulturową.

Przemysław Gajda-Morszewski – student chemii na Uniwersytecie Jagiellońskim. W obrębie jego zainteresowań znajdują się nauki chemiczne oraz biotechnologiczne, a przede wszystkim możliwości, jakie dają one w kontekście wyszukiwania i otrzymywania nowych leków.

Katarzyna Gąsiorek – absolwentka pedagogiki resocjalizacyjnej i psychologii zachowań społecznych, technik EEG oraz certyfikowany terapeuta EEG biofeedback. Posiada wieloletnie doświadczenie w zawodzie neuroterapeuty. Interesuje się technikami neurorehabilitacji funkcji poznawczych oraz prowadzi treningi motywacji i relaksacji.

Silvia Irusta – Education: B. Sc. in Chemical Engineering, El Litoral University, Argentina, 1986. Ph.D. in Chemical Engineering, El Litoral University, Argentina, 1994. Current employment: professor at University of Zaragoza, member of the Institute of Nanocience of Aragon, member of the Nanostructured Films and Particles Research Group (since 2004). Research interests: surface characterization of solids by XPS and FTIR spectroscopies, polymeric nanocomposites, synthesis of inorganic nanoparticles, nanotubes and nanofibers, synthesis of polymeric fibers by electrospinning and applications in catalysis and biomedicine.

Agnieszka Kyzioł – Education: master's and Ph.D. in Chemistry at the Jagiellonian University, Kraków, Poland. Current employment: assistant professor in the Coordination and Bioinorganic Physicochemistry Group at the Faculty of Chemistry UJ. Research interests: metal complexes and biomaterials with potential biological activity for medical applications (anticancer therapies, antimicrobial materials, etc), new composite materials and coatings designed as drug delivery systems for antibacterial and antifungal theragnostics.

Justyna Michna – Education: master's in Chemistry at the Jagiellonian University, Kraków, Poland. Current employment: Ph.D. student in the Coordination and Bioinorganic Physicochemistry Group at the Faculty of Chemistry UJ. Research interests: metal complexes and biomaterials with potential biological

activity for medical applications, synthesis of biopolymeric fibers by electrospinning and their biomedical applications, drug delivery systems.

Klaudyna Śpiewak – mgr inż., doktorantka na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, absolwentka technologii chemicznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Jej zainteresowania badawcze dotyczą białek z grupy transferyn i ich potencjalnego zastosowania biomedycznego w terapii antynowotworowej i antybakteryjnej.

Wojciech Tomczyk – Ph.D. student in the Department of Statistical Physics at the Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science. The main area of academic interest: theoretical and experimental description of the phase transitions in soft matter and phenomena accompanying. Laureate of many awards and honors, both international and national, i.e. Student's Nobel 2014 in the category of science.

Anna Zembala – doktorantka Wydziału Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

## ZESZYTY NAUKOWE TOWARZYSTWA DOKTORANTÓW UJ NAUKI ŚCISŁE

Czasopismo naukowe wydawane od 2010 roku jako półrocznik przez Towarzystwo Doktorantów Uniwersytetu Jagiellońskiego. W ramach serii ścisłej Zeszytów Naukowych TD UJ publikowane są teksty z różnych dyscyplin mieszczących się w ramach nauk ścisłych, głównie medycyny, chemii, fizyki, biologii, informatyki. Na łamach czasopisma publikujemy:

- artykuły naukowe,
- opracowania będące wynikiem badań empirycznych,
- raporty i komunikaty,
- recenzje i omówienia tekstów ważnych dla danej dyscypliny,
- sprawozdania z konferencji, sympozjów, sesji naukowych, warsztatów.

Teksty publikowane na łamach Zeszytów Naukowych poddawane są procedurze recenzowania opisanej na stronie internetowej [www.doktoranci.uj.edu.pl/zeszyty/pliki-do-pobrania](http://www.doktoranci.uj.edu.pl/zeszyty/pliki-do-pobrania), ponadto informuje się, że Redakcja zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego prowadzi działania antyghostwritingowe.

Osoby zainteresowane opublikowaniem tekstu w Zeszytach Naukowych TD UJ proszone są o nadsyłanie materiałów w językach polskim, angielskim, niemieckim, francuskim lub innym kongresowym. Do druku przyjmowane są wyłącznie prace oryginalne, wcześniej niepublikowane. Materiały powinny zawierać dodatkowo streszczenia w języku polskim i angielskim, słowa kluczowe w języku polskim i angielskim oraz bibliografię, a także notę o Autorze wraz z afiliacją i adresem mailowym. Redakcja zastrzega sobie prawo do wprowadzania zmian w tekście. Na ostatnim etapie przygotowywania publikacji przewidziana jest także korekta autorska i autoryzacja.

Kontakt z redakcją: [scislezntduj@gmail.com](mailto:scislezntduj@gmail.com)

Adres redakcji: ul. Czapskich 4/14, 31-110 Kraków

