

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

MONIKA OLEKSY | ADAM JUNKKA | DANUTA SMUTNICKA | MARZENNA BARTOSZEWICZ

WPŁYW ZMIENNEGO POLA MAGNETYCZNEGO WYTWARZANEGO PRZEZ SYSTEM VIOFOR® JPS NA ŻYWOTNOŚĆ I ZDOLNOŚCI PROLIFERACYJNE DROBNOUSTROJÓW KOLONIZUJĄCYCH RANY PRZEWLEKŁE

IMPACT OF THE ALTERNATING MAGNETIC FIELD GENERATED BY THE SYSTEM VIOFOR® JPS ON THE VIABILITY AND PROLIFERATIVE CAPACITY OF MICROORGANISMS COLONIZING CHRONIC WOUNDS

STRESZCZENIE: Wstęp Narastające problemy z leczeniem ran przewlekłych, skolonizowanych przez patogenne drobnoustroje, skłaniają do poszukiwania rozwiązań, których zastosowanie skutkowałooby korzystnymi efektami terapeutycznymi. Jednym z takich rozwiązań, o udowodnionym wpływie na przyspieszenie gojenia, jest magnetostymulacja. Brak jest natomiast danych dotyczących oddziaływania tej metody na żywotność komórek bakteryjnych. Celem niniejszej pracy była analiza wpływu zmiennego pola magnetycznego wytwarzanego przez urządzenie Viofor® JPS Classic na żywotność i zdolności proliferacyjne patogenów będących przyczyną oportunistycznych infekcji ran przewlekłych. **Materiał i metody** Badanie przeprowadzono na referencyjnych szczepach: *Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Enterococcus faecalis* ATCC29212, *Klebsiella pneumoniae* ATCC4352 i *Pseudomonas aeruginosa* ATCC14532. Hodowle bakteryjne poddano działaniu pola magnetycznego o częstotliwości 180–195 Hz i różnym czasie emisji. Inkubację prowadzono w 37°C przez trzy godziny. Kontrolę stanowiły szczepy niepoddane działaniu pola magnetycznego. Po upływie czasu doświadczenia oceniono liczebność populacji bakteryjnej. Każdy pomiar wykonano w trzech powtórzeniach, a do oceny statystycznej użyto testu Manna-Whitney'a ($p < 0,05$). **Wyniki** Liczba komórek drobnoustrojów w próbkach kontrolnych poddanych działaniu pola magnetycznego nie różniła się od siebie w sposób istotny statystycznie. **Wnioski** Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że stosowanie urządzenia Viofor® JPS w przypadku ran skolonizowanych przez badane drobnoustroje jest bezpieczne i nie niesie ze sobą ryzyka zwiększenia ich liczby.

SŁOWA KLUCZOWE: bakterie, gojenie ran, infekcje oportunistyczne, magnetostymulacja, rany przewlekłe, zakażenia

ABSTRACT: Introduction Increasing issues concerning treatment of colonized by pathogenic microorganisms chronic wounds are a reason of searching for a new solutions that may contribute to beneficial therapeutic outcomes. One of such solutions, of confirmed impact on acceleration of wound healing, is referred to as the magnetostimulation. However, there is no data about the impact of magnetostimulation on the viability of bacterial cells. Therefore, the aim of a present study was to analyze an impact of an alternating magnetic field generated by the Viofor® JPS Classic device on the viability and proliferation of pathogens causing chronic wound's opportunistic infections. **Material and methods** The following reference strains were applied: *Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Enterococcus faecalis* ATCC29212, *Klebsiella pneumoniae* ATCC4352 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC14532. Bacterial cultures were subjected to a magnetic field's exposition of 180–195 Hz frequency and to different times of exposition. Incubation was carried out at 37°C for 3 hours. Control groups were represented by strains that were non-exposed. Next, bacterial colony forming unit was counted. Each measurement was performed in triplicates and the Mann-Whitney test was used for statistical evaluation of results obtained ($p < 0.05$). **Results** The number of microbial cells in control samples vs.

Zakład Mikrobiologii Farmaceutycznej i Parazytologii Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

✉ MONIKA OLEKSY
Zakład Mikrobiologii Farmaceutycznej i Parazytologii,
Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu,
ul. Borowska 211A, 50-556 Wrocław,
Tel./Fax: (71) 784 06 74,
e-mail: em.oleksy@gmail.com

Wpłynęło: 03.11.2016
Zaakceptowano: 20.11.2016
DOI: dx.doi.org/10.15374/LR2016018

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

cells subjected to a magnetic field's exposition do not differ from each other in a statistically significant manner. **Conclusions** The obtained results indicate that the use of Viofor® JPS device in wounds colonized by tested microorganisms is safe and does not pose a risk of microbial population's growth acceleration.

KEY WORDS: bacteria, chronic wounds, infections, magnetic stimulation, opportunistic infections, wound healing

WSTĘP

Wiedza na temat możliwości medycznego zastosowania pól magnetycznych (PM) rozwija się bardzo dynamicznie. Literatura przedmiotu liczy obecnie kilkaset doniesień dotyczących pozytywnego wpływu pól magnetycznych stosowanych w leczeniu różnych jednostek chorobowych.

Badania laboratoryjne na neutrofilach wykazały statystycznie istotne obniżenie stresu oksydacyjnego pod wpływem pola magnetycznego oraz dodatni wpływ pola na zdolności antyoksydacyjne w badaniu na modelu zwierzęcym [1, 2]. Według przedstawionych wyników, ekspozycja na PM o niskich częstotliwościach wzmacnia funkcje mechaniczne serca i chroni przed uszkodzeniami związanymi z niedokrwieniem [3]. Badania przeprowadzone w ostatnich latach pokazują także pozytywny wpływ zmiennych natężeń pola magnetycznego o niskiej częstotliwości na proliferację i różnicowanie ludzkich komórek macierzystych [4]. W badaniach klinicznych, w których oceniano skuteczność magnetostymulacji, wykazano poprawę lub całkowite ustąpienie objawów chorobowych u pacjentów ze schorzeniami układu ruchowego i oddechowego, a także z alergiami skórными i zaburzeniami neurologicznymi [5–19]. Zmienne pole magnetyczne o niskich częstotliwościach może wspomagać leczenie nadciśnienia i różnego rodzaju nowotworów, a także oddziaływać pozytywnie na gospodarkę hormonalną organizmu (wpływając na poziom prolaktyny, estradiolu i testosteronu) [20–23]. Opisywany jest również korzystny wpływ magnetostymulacji w leczeniu żółciowego zapalenia błony śluzowej żołądka, w zmniejszaniu poziomu bólu o różnej etiologii oraz w przebiegu leczenia stomatologicznego [6, 12, 25–31]. Narastająca częstość występowania ran przewlekłych oraz trudności z ich leczeniem skłaniają do poszukiwania nowych rozwiązań terapeutycznych, prowadzących do postępów w gojeniu oraz skracających czas rekonwalescencji. W literaturze opisywane są przypadki wykazujące korzystne działanie magnetostymulacji w procesie gojenia ran [32–35]. Reakcja komórek zależy od linii komórkowej, parametrów pola, a także od czasu ekspozycji. Rusak i Rybak wykazali korzystny wpływ zmiennego pola magnetycznego wytwarzanego przez urządzenie Viofor® JPS Classic na żywotność fibroblastów Balb3T3, a tym samym na proces gojenia. Trzy programy z sześciu wybranych powodowały zwiększenie żywotności komórek w stosunku do kontroli (którą przyjęto za 100%): 139%, 128% i 108% [36].

Natomiast mało jest doniesień dotyczących wpływu magnetostymulacji na żywotność drobnoustrojów zasiedlających rany przewlekłe. Fijałkowski i wsp. oraz Nawrotek i wsp., badając możliwości wykorzystania różnego typu pól magnetycznych w bioreaktorach do stymulacji wzrostu mikroorganizmów, wykazali, że jednogodzinna ekspozycja na wirujące pole magnetyczne (WPM) o częstotliwości 50 Hz i indukcji magnetycznej 20 mT powoduje znaczący wzrost (ponad 20%) hodowli bakteryjnej *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* oraz wyraźnie zwiększa aktywność metaboliczną (o ponad 40%) tych mikroorganizmów [37, 38]. Analiza wpływu WPM o różnej częstotliwości i indukcji magnetycznej ($B=25\text{--}34$ mT, $f=5\text{--}50$ Hz) na szybkość wzrostu, aktywność metaboliczną oraz wytwarzanie biofilmu przez różne gatunki drobnoustrojów dowiodła, że ekspozycja na wirujące pole magnetyczne działała stymulująco na badane parametry komórkowe u większości uwzględnionych w doświadczeniu bakterii (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Serratia marcescens*, *Streptococcus mutans*, *Cronobacter sakazakii*, *Klebsiella oxytoca* i *Staphylococcus xylosum*). Udowodniono tym samym, że WPM – zależnie od częstotliwości i indukcji magnetycznej – może modulować parametry komórkowe różnych gatunków mikroorganizmów [37, 39].

Ponieważ zastosowanie magnetostymulacji może odgrywać coraz istotniejszą rolę w leczeniu ran przewlekłych, autorzy niniejszej pracy podjęli się oceny wpływu zmiennego pola magnetycznego o częstotliwości 180–195 Hz, wytwarzanego przez urządzenie Viofor® JPS Classic (Med & Life), na żywotność i zdolności proliferacyjne drobnoustrojów będących patogenami oportunistycznymi ran przewlekłych.

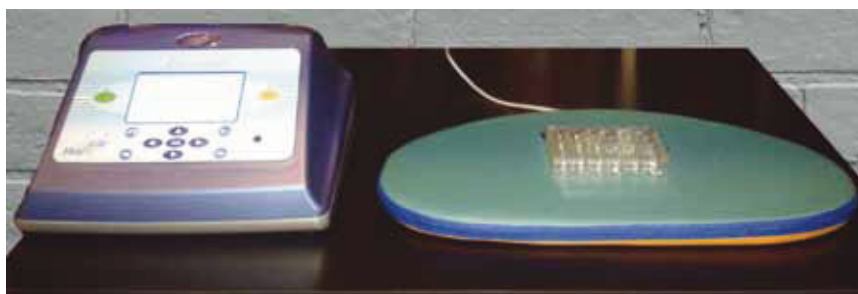
MATERIAŁY I METODY

SZCZEPY

Badaniu poddano cztery referencyjne szczepy bakteryjne pochodzące z kolekcji (ang.) American Type Culture Collection:

- *Staphylococcus aureus* ATCC6538;
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC14532;
- *Klebsiella pneumoniae* ATCC4352;
- *Enterococcus faecalis* ATCC 29212.

- ! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.



Ryc. 1. Płytkę 24-dołkową umieszczoną na aplikatorze zmiennego pola magnetycznego Viofor® JPS System Classic.

Numer porządkowy programu	Program Viofor® JPS System	Intensywność	Czas stymulacji	Wartość szczytowa impulsów – B [μ T]
1	M1P2	12	1× 10 minut	672
2	M2P2	12	1× 12 minut	672
3	M1P2	12	2× 10 minut co godzinę, ×3	672
4	M2P2	12	2× 12 minut co godzinę, ×3	672

Tabela 1. Programy Viofor® JPS System zastosowane w doświadczeniu. Opis programów na podstawie podręcznika dla użytkownika Viofor® JPS Classic.

MAGNETOSTYMULATOR

Do magnetostymulacji wykorzystano aplikator o wymiarach 30×50 cm, wytwarzający niejednorodne, zmienne pole magnetyczne – aparat Viofor® JPS System Classic (zgodnie z zaleceniami producenta).

Aparat Viofor® JPS generuje pole o częstotliwości impulsów w zakresie 180–195 Hz, z częstotliwością paczek impulsów w przedziale 12,5–29 Hz, grup paczek w przedziale 2,8–7,6; serii w zakresie 0,08–0,3 Hz. Wartości indukcji pola przypisano do poszczególnych programów i aplikatorów. Program M1 generuje pole ze stałą intensywnością, w przeciwieństwie do programu M2, który służy do aplikacji pola z narastającą od 0,5 do wybranego natężenia intensywnością zwiększającą się co 10–12 sekund. Parametry programu P1 i P2 określają czas aplikacji odpowiednio na 10 i 12 minut.

WARUNKI HODOWLI

Dwudziestoczwierogodzinną płynną hodowlę w TSB (ang. triptic soy broth, firmy Becton Dickinson) rozcieńczono w celu otrzymania zawiesiny o gęstości 105 cfu/mL. Jeden mL tak przygotowanej hodowli wprowadzono do dołka płytki 24-dołkowej (firmy Sarstedt), którą umieszczano na aplikatorze niejednorodnego pola magnetycznego wytwarzanego przez system Viofor® JPS Classic (Ryc. 1). Układ składający się z systemu Viofor® oraz płytki testowej znajdował się w 37°C. Bakterie poddawano działaniu programów systemu Viofor® JPS (Tabela 1).

Kontrolę doświadczenia stanowiły szczepy inkubowane w 37°C, niepoddane działaniu pola magnetycznego, w dalszej części pracy określane skrótem „K”. Łączny czas inkubacji szczepów w 37°C (w polu magnetycznym oraz poza nim) wynosił trzy godziny.

Po upływie czasu doświadczenia, z dołka płytki pobierano 100 μ L zawiesiny, poddawano ją seryjnym rozcieńczeniom w 0,9% NaCl (firmy Sigma-Aldrich) i wysiewano ilościowo na odpowiednie podłoża stałe: MacConkey II Agar (firmy Becton Dickinson) dla *Klebsiella pneumoniae* i *Pseudomonas aeruginosa*; agar z 5% krwią baranią (firmy Becton Dickinson) w przypadku *Staphylococcus aureus* oraz *Enterococcus faecalis*. Płytki agarowe inkubowano 24 godziny w 37°C, a po upływie tego czasu zliczano ilość wyrosłych kolonii. Komórki znajdujące się w zawieszynie w dalszej części pracy określane są mianem „planktonicznych” lub „P”.

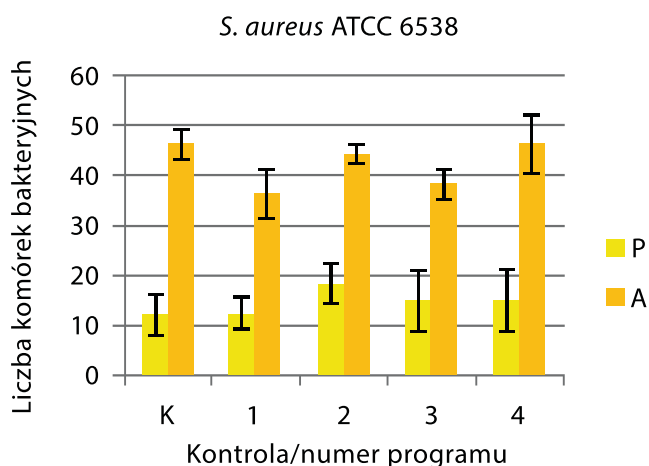
Następnie z dołków płytki usuwano zawiesinę, a dno płytki przepłukiwano 2×0,9% NaCl. W celu oderwania przyległych do dna dołka komórek, do dołków wprowadzono 1000 μ L 0,5% saponiny (firmy Merck) i tak przygotowaną płytkę wytrząsano przez jedną minutę/1000 obrotów w wytrząsarce (Schuttler MTS 2). Ponownie pobierano 100 μ L uzyskanej zawiesiny i poddawano seryjnym rozcieńczeniom w celu ilościowego wysiania odpowiednio na Columbia Agar i MacConkey II Agar. Po 24-godzinnej inkubacji w 37°C zliczano ilość wyrosłych kolonii. Komórki uzyskane na drodze oderwania ich z dołka płytki w dalszej części pracy określane są jako „przyległe” lub „A” (zadherowane).

Wszystkie pomiary wykonano w trzech powtórzeniach. Do analizy statystycznej wyników posłużono się testem Manna-Whitney’a ($p < 0,05$).

WYNIKI

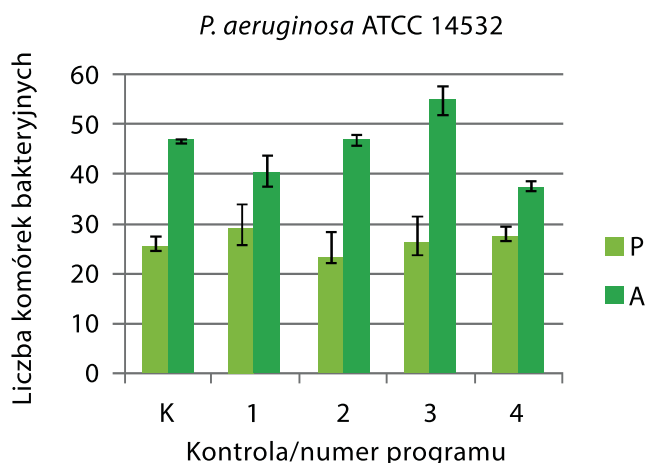
Badania wykazały, że żaden z programów, którego działaniu zostały poddane próbki, nie wpłynął znacząco na zahamowanie lub przyspieszenie wzrostu komórek bakteryjnych. Nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie w obrębie żadnego z badanych gatunków – zarówno w przypadku

- ! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.



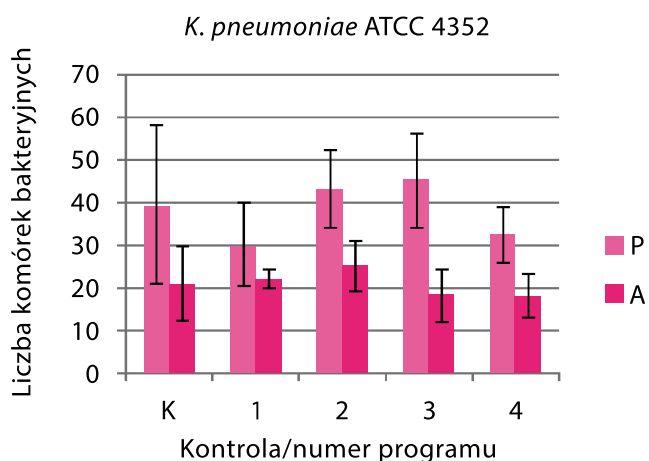
Ryc. 2. Porównanie liczby wyrosłych kolonii bakteryjnych danego szczepu względem kontroli i w zależności od użytego programu Viofor® JPS System.

K – próbki niepoddane działaniu pola magnetycznego; P – komórki w formie planktonicznej; A – komórki w formie zadherowanej.



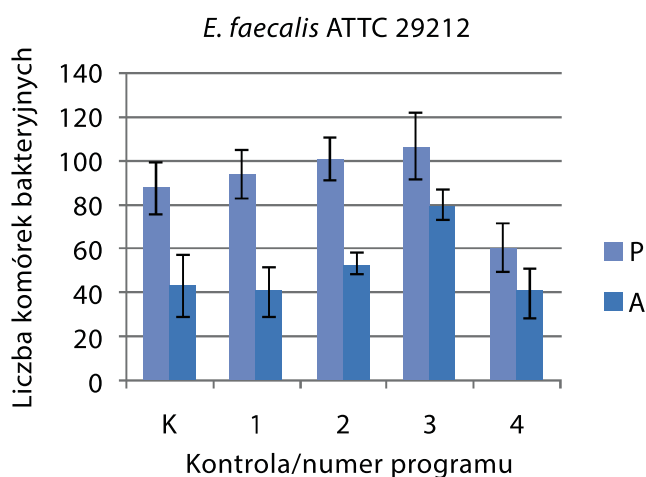
Ryc. 3. Porównanie liczby wyrosłych kolonii bakteryjnych danego szczepu względem kontroli i w zależności od użytego programu Viofor® JPS System.

K – próbki niepoddane działaniu pola magnetycznego; P – komórki w formie planktonicznej; A – komórki w formie zadherowanej.



Ryc. 4. Porównanie liczby wyrosłych kolonii bakteryjnych danego szczepu względem kontroli i w zależności od użytego programu Viofor® JPS System.

K – próbki niepoddane działaniu pola magnetycznego; P – komórki w formie planktonicznej; A – komórki w formie zadherowanej.



Ryc. 5. Porównanie liczby wyrosłych kolonii bakteryjnych danego szczepu względem kontroli i w zależności od użytego programu Viofor® JPS System.

K – próbki niepoddane działaniu pola magnetycznego; P – komórki w formie planktonicznej; A – komórki w formie zadherowanej.

planktonicznych form drobnoustrojów, jak i komórek zadherowanych. Porównanie liczby komórek drobnoustrojów w próbkach kontrolnych, poddanych działaniu czterech programów systemu Viofor® JPS (Ryc. 2–5), wykazało, że ich stosowanie nie przekłada się na znaczący wzrost lub spadek liczby drobnoustrojów (test Kruskala-Wallis; $p > 0,05$).

OMÓWIENIE I WNIOSKI

W literaturze szeroko opisywane są korzyści płynące ze stosowania pól magnetycznych o niskiej częstotliwości w terapiach różnych schorzeń. Na podstawie wyników uzyskanych w niniejszym badaniu można wnioskować, że stosowanie systemu Viofor® JPS w ranach

skolonizowanych przez badane drobnoustroje jest bezpieczne i nie niesie ze sobą ryzyka zwiększenia ich liczby. W pracy Rusaka i wsp. udowodniono korzystny wpływ stosowania urządzenia Viofor® na proliferację mysich fibroblastów. Dłuższa ekspozycja na pole magnetyczne wytwarzane przez programy M1P2 i M2P2 istotnie wpływała na wzrost żywotności komórek (odpowiednio 139% i 128% w stosunku do kontroli), podczas gdy krótka magnetostymulacja nie przyniosła podobnych efektów [36]. W niniejszej pracy wykazano brak wpływu zmiennego pola magnetycznego o niskich częstotliwościach, emitowanego przez Viofor® JPS System Classic, na żywotność i zdolności proliferacyjne komórek bakteryjnych, bez względu na stosowany program i czas stymulacji. Można zatem wnioskować, że najkorzystniejsza w leczeniu ran przewlekłych będzie

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

dłuższa stymulacja programami M1P2 i M2P2 – znacząco wpłynie na liczbę komórek fibroblastów, powodując ich szybszą proliferację, nie zwiększając przy tym liczebności komórek drobnoustrojów kolonizujących ranę.

KONFLIKT INTERESÓW: nie zgłoszono.

PIŚMIENNICTWO

- Nawrocka-Bogusz H, Jaroszyk F. May the variable magnetic field and pulse red light induce synergy effects in respiratory burst of neutrophils *in vitro*? *J Phys* (online) 2011; <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/329/1/012023>
- Cieślak G, Zaleska-Fiolka J, Birkner E, Kasperczyk S, Sieroń A. Influence of long-lasting exposure to weak variable magnetic field on activity of antioxidant enzymes in rats. *Phys Medica* 2004;20(Suppl. 1):S25–S27.
- Biały D, Wawrzyńska M, Bil-Lula I et al. Low frequency electromagnetic field conditioning protects against I/R injury and contractile dysfunction in the isolated rat heart. *Biomed Res Int* 2015;2015:396593.
- Ross CL, Siriwardane M, Almeida-Porada G et al. The effect of low-frequency electromagnetic field on human bone marrow stem/progenitor cell differentiation. *Stem Cell Res* 2015;15(1):96–108.
- Sieroń A, Sieroń-Stołyńska K, Biniszkiwicz T, Stanek A, Stołyńska T, Biniszkiwicz K. Analiza skuteczności terapeutycznej magnetostymulacji systemem Viofor JPS w wybranych jednostkach chorobowych. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2001;7:1–8.
- Woldańska-Okońska M, Czernicki J. Działanie przeciwbólowe pól magnetycznych o różnej charakterystyce. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2002;8:5–9.
- Jędrzejewski P, Cieślak T, Sieroń A. Doświadczenia własne z wykorzystaniem wolnozmiennych pól magnetycznych w leczeniu bólu. *Inż Biomater* 2003;26:13–17.
- Sieroń A, Cieślak G. Zastosowanie zmiennych pól magnetycznych w medycynie – 15-letnie badania własne. *Wiad Lek* 2003;56(9–10):434–441.
- Staś-Rzendkowska K, Halejak R, Pyszkowska J. Magnetostymulacja w medycynie bólu. *Twój Mag Med* 2004;11:15–20.
- Kapłun E, Kapłun D, Majcher P, Fatyga M. Ocena przydatności magnetostymulacji z użyciem aparatu Viofor JPS w usprawnianiu chorych po udarze mózgu. *Post Rehab* 2004;18.
- Dąbrowski MP. Immunotropowe właściwości pól elektromagnetycznych. Kliniczne wykorzystanie immunokorekcyjnego wpływu wolnozmiennego pola magnetycznego Viofor JPS. *Pediatr Med Rodz* 2005;1(1):78–83.
- Bryl A, Krausz H, Paluszak J, Kowal P, Sosnowski P, Adamczak A. Wpływ wolnozmiennego pola magnetycznego na leczenie bólu neuropatycznego. Dyskusyjna rola tlenu azotu. *Now Lek* 2006;75(4):315–320.
- Pasek J, Mucha R, Sieroń A. Zmienne pole magnetyczne w leczeniu depresji lekoopornej. Opis przypadku. *Baln Pol* 2006;48(4):235–238.
- Pasek J, Pasek T, Książewska M, Obuchowicz A, Sieroń A. Magnetostymulacja w leczeniu obwodowego porażenia nerwu twarzowego. *Neurol Dziec* 2008;34(17):71–74.
- Dąbrowski MP, Stankiewicz W, Witkowski W et al. Clinical and immunological effects of magnetostimulation in children with recurrent infections of respiratory tracts. *Prz Elektrotech* 2008;84(12):155–156.
- Pasek J, Kwiatek S, Pasek T et al. Changing magnetic fields in the treatment of compressive fractures in the cervical spine – case description. *Pol J Environ Stud* 2009;18(3):429–433.
- Brola W, Czernicki J, Opara J, Fudala M, Węgrzyn W. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na zmęczenie i wybrane aspekty jakości życia chorych ze stwardnieniem rozsianym. *Prz Med Uni Rzesz* 2010;2:182–188.
- Fibiger W, Starowicz A, Wilk M. Wpływ magnetostymulacji na jakość życia chorych z SM. *Fizjoter Pol* 2010;3(4):202–210.
- Cieślak G, Sieroń A. Application of variable magnetic fields in the treatment of drug-resistant depression. 22nd Symposium Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits 2012. 26–29 Jun 2012, Pula, Croatia.
- Pasek J, Mucha R, Gmyrek J, Sieroń A. Wpływ wolnozmiennego pola magnetycznego systemem Viofor JPS na zachowanie się parametrów ciśnienia tętniczego krwi osób z nadciśnieniem tętniczym. *Baln Pol* 2006;48(2):95–100.
- Zimmerman JW, Pennison MJ, Brezovich I et al. Cancer cell proliferation is inhibited by specific modulation frequencies. *Br J Cancer* 2012;106(2):307–313.
- Zimmerman JW, Jimenez H, Pennison MJ et al. Targeted treatment of cancer with radiofrequency electromagnetic fields amplitude-modulated at tumor-specific frequencies. *Chin J Cancer* 2013;32(11):573–581.
- Woldańska-Okońska M, Czernicki J. The influence of low frequency pulsating magnetic fields of different parameters on the secretion of FSH, LH, prolactin, testosterone and estradiol in men. *J Steroids Horm Sci* 2014;5:146.
- Cieślak G, Latos W, Mrowiec J, Sieroń A. Kliniczna ocena efektywności terapeutycznej magnetostymulacji u chorych z żóciowym zapaleniem błony śluzowej żołądka. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2007;2(13):113–118.
- Cieślak G, Mrowiec J, Puszer M et al. Analgesic effect of simultaneous exposure to μt magnetic field and infrared radiation in rats. *Pol J Environ Stud* 2006;15(4A):22–24.
- Pasek J, Pasek T, Sieroń A. Pola magnetyczne w zachowawczym leczeniu dolegliwości bólowych mnogich zrostów – opis przypadku. *Chir Pol* 2009;11(1):32–37.
- Krukowska J, Woldańska-Okońska M, Jankowska K, Kwiecień-Czerwień I, Czernicki J. Ocena skuteczności przeciwbólowej magnetoledoterapii u chorych z zespołami bólowymi kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego. *Wiad Lek* 2010;63(4):265–275.
- Sieroń A, Pasek J, Cieślak G. Variable magnetic fields in the conservative analgesic treatment of peritoneal adhesions. *Prz Elektrotech* 2011;87(12b):149–151.
- Opalko K, Dojs A. Bone structure regeneration after low induction magnetic field treatment in teeth chosen for extraction. *Adv Med Sci* 2006;51(Suppl. 1):S151–S153.
- Łopuch P, Pihut M, Baczyk-Łopuch O. Zastosowanie wolnozmiennych pól magnetycznych w stomatologii – przegląd piśmiennictwa. *Implantoprotektyka* 2010;11(2–3):39–40.
- Skomro P, Lietz-Kijak D, Kijak E, Bogdziewicz-Wałęsa O, Opalko K. The change of electric potentials in the oral cavity after application of extremely low frequency pulsed magnetic field. *Postepy Hig Med Dosw* 2012;66:991–995.
- Witkowski W, Stankiewicz W, Dąbrowski MP, Szymański P. Immune monitoring of magnetostimulation in complex treatment of burn injury. *Int Rev Allergol Clin Immunol* 2006;12(4):142–145.
- Stankiewicz W, Szymański P, Dąbrowski MP, Witkowski W. Immunocorrective effects of magnetostimulation administered in patients with thermal injury. *Prz Elektrotech* 2009;85(12):49–50.
- Pasek J, Sieroń A, Cieślak G. Treatment of trophic leg ulcers with application of variable magnetic fields. 22nd Symposium Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits 2012. 26–29 Jun 2012, Pula, Croatia.
- Glinka M, Sieroń A, Birkner E, Cieślak G. Influence of extremely low-frequency magnetic field on the activity of antioxidant enzymes during skin wound healing in rats. *Electromagn Biol Med* 2013;32(4):463–470.
- Rusak A, Rybak Z. Czy magnetostymulacja może mieć wpływ na gojenie ran? Badania *in vitro*. *Polim Med* 2013;43(3):147–152.
- Fijałkowski K, Nawrotek P, Struk M, Kordas M, Rakoczy R. Effects of rotating magnetic field exposure on the functional parameters of different species of bacteria. *Electromagn Biol Med* 2015;43(1):48–55.
- Nawrotek P, Fijałkowski K, Struk M, Kordas M, Rakoczy R. Effects of 50 Hz rotating magnetic field on the viability of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Electromagn Biol Med* 2014;33(1):29–34.
- Fijałkowski K, Nawrotek P, Struk M, Kordas M, Rakoczy R. The effects of rotating magnetic field on growth rate, cell metabolic activity and biofilm by *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J Magn* 2013;18(3):289–296.