ZASTOSOWANIE MAGNETOTERAPII I MAGNETOSTYMULACJI WE WSPOMAGANIU GOJENIA RAN PRZEWLEKŁYCH

Sylwia Sztuce-Małasiewicz

Leczenie ran przewlekłych stanowi poważny problem socjalny i medyczny. Klasyczne leczenie wymaga dużych nakładów finansowych, a dostępność do opieki szpitalnej jest ograniczona. Dlatego też poszukiwane są metody, które można stosować w opiece ambulatoryjnej, są bezpieczne dla pacjenta, a koszty ich stosowania są niewielkie.

W artykule przedstawiono charakterystykę wolnozmiennych pól magnetycznych stosowanych w leczeniu ran przewlekłych. Opisano efekty biologiczne będące podstawą ich wykorzystania terapeutycznego. W oparciu o doniesienia naukowe przedstawiono wyniki badań klinicznych potwierdzających korzystny wpływ magnetoterapii i magnetostymulacji na proces gojenia owrzodzeń, ran w przebiegu stopy cukrzycowej, oparzeń i zmian pourazowych.

Pole magnetyczne mające zastosowanie w magnetoterapii charakteryzuje się niską częstotliwością o wartości poniżej 100 Hz, indukcją pola rzędu 0,1 mT do 20 mT i impulsach jedno- lub dwupolowych o kształcie prostokątnym, trójkątnym lub sinusoidalnym. Magnetostymulacja ma natomiast wartość indukcji poniżej 100 μT, częstotliwość od kilku do 3000 Hz, kształt impulsów i strukturę sygnałów dającą wielowierzchołkowe widmo częstotliwości [1–3].

Pole magnetyczne jest wykorzystywane w leczeniu trudno gojących się ran ze względu na swoje cechy biofizyczne i działanie biologiczne. Literatura podaje, że po zastosowaniu terapii polem magnetycznym dochodzi do wzrostu syntezy kolagenu poprzez przejście fazy fibrocytów w fibroblasty oraz rozrost kolagenu zgodnie z przebiegiem linii sił pola magnetycznego. Następuje także przyspieszenie procesu angiogenezy, rozwoju krążenia obocznego w uszkodzonych tkankach oraz wzrost epitelizacji [4–6].

Kim i współautorzy [7] potwierdzają, że pod wpływem pola magnetycznego niskiej częstotliwości dochodzi do przemieszczenia jonów znajdujących się w komórkach, co powoduje hiperpolaryzację błony komórkowej. Efektem jest wzrost przemiany materii. Miecznik i wsp. [8] zaobserwowali wzrost wykorzystania tlenu i aktywizacji komórkowego łańcucha oddechowego. Li i wsp. [9] przypuszczają, że pod wpływem pola magnetycznego dochodzi

do zwiększenia liczby miofibroblastów, co korzystnie wpływa na proces gojenia ran. Natomiast Costin i wsp. [10] podają, że po zastosowaniu magnetoterapii następuje regeneracja przez replikację i transkrypcję kwasów nukleinowych, zachodzi synteza białek i proliferacja komórkowa.

Badania przeprowadzone przez Kenkre i wsp. [11] potwierdzają pozytywny wpływ na proces oczyszczania owrzodzeń z wydzieliny ropnej oraz zmianę wydzieliny z ropnej na surowiczą. W okolicy rany zaobserwowano zmniejszenie obrzęku, pojawienie się drobnoziarnistej, różowej ziarniny oraz nowego naskórka. Publikacje Fronalczyk-Wachowskiej i wsp. [12] wykazują, że terapia w postaci antybiotykoterapii i utrzymania antyseptyki rany uzupełniona magnetoterapią prowadzi do poprawy w leczeniu i skrócenia czasu trwania terapii.

Fornalczyk-Wachowska i wsp. oraz Sieroń i wsp. w leczeniu ran przewlekłych zalecają zastosowanie zmiennego pola magnetycznego o sinusoidalnym kształcie i parametrach 5–12 Hz oraz indukcji 4–8 mT. Zdaniem autorów, zabiegi należy wykonywać codziennie do momentu oczyszczenia owrzodzenia z ropnej wydzieliny. Po uzyskaniu tego efektu zalecane jest wydłużenie czasu pomiędzy zabiegami o 2–3 dni. Czas trwania zabiegu nie powinien przekraczać 12–15 minut. W terapii ran w stanie ostrym zalecane jest stosowanie większej częstotliwości (25–50 Hz), indukcji (10 mT) oraz czasu zabiegu (do 60 minut). Często dobór parametrów leczniczych sugerowany jest przez producentów aparatów do magnetoterapii [4, 6, 12].

Jak wspomniano, w literaturze pojawiają się doniesienia naukowe potwierdzające skuteczność stosowania magnetoterapii i magnetostymulacji we wspomaganiu gojenia ran przewlekłych. Jednak z uwagi na niewielką liczbę publikacji wskazane jest prowadzenie dalszych badań na liczniejszym materiale klinicznym.

Cañedo-Dorantes i wsp. [13] przeprowadzili badania na grupie 26 osób z ranami w przebiegu zespołu stopy cukrzycowej. Uczestników podzielono na dwie grupy. Wszystkich pacjentów poddano działaniu pola magnetycznego o niskiej częstotliwości o parametrach 120 Hz, fali sinusoidalnej, 0,4–0,9 mT. Ekspozycji polem magnetycznym poddano nie miejsce rany, a okolicę przedramienia w grupie pierwszej (przepływ 3–6 l krwi/sesję) lub klatki piersiowej w grupie drugiej (przepływ 162,5 l krwi/sesję). Czas zabiegu w grupie pierwszej wynosił dwie godziny dziennie, w grupie drugiej 25 minut dziennie, terapię prowadzono dwa razy w tygodniu przez okres 100 dni lub do momentu pełnej epitelizacji. Dokonano krótkoterminowej (< 1 rok) i długoterminowej (3,4–7,8 lat) oceny pod kątem nawrotów ran i skutków ubocznych zastosowania pola magnetycznego. Średni czas gojenia ran wynosił 61,48 ±33,08 dni w grupie pierwszej i 62,56 ±29,33 dni dla grupy drugiej. W obu grupach nie obserwowano działań niepożądanych lub nawrotu ran w pierwotnym miejscu występowania owrzodzeń podczas krótkoterminowego okresu obserwacji lub długotrwałego okresu obserwacji.

Pasek i wsp. [14] opisują przypadek 13-letniej pacjentki z raną po przeszczepie skóry z powodu oparzenia termicznego. Zastosowano dwie serie po 15 zabiegów w każdej. Pomiędzy seriami wprowadzono 10-dniowy czas przerwy. W obu seriach zastosowano magnetoledoterapię [zmienne pole magnetyczne, widmo pola zbliżone do piłokształtnego, średnia częstotliwość 181,88 Hz, czas zabiegu 10 minut + promieniowanie z zakresu czerwieni, długość fali 635 nm, gęstość energii 1,64 J/cm^2, intensywność 6 (program M1P2)]. W drugiej serii dodatkowo zabieg uzupełniono masażem okolicy przeszczepu trwającym 10 minut dziennie. Po pierwszych 15 zabiegach zaobserwowano zmniejszenie nasilenia miejscowego procesu zapalnego. Wywnioskowano tak na podstawie rozszerzenia naczyń krwionośnych, poprawy ukrwienia i uelastycznienia tkanki, mniejszego zaczerwienienia i obrzęk. Zaobserwowano również pobudzenie procesu gojenia. Po zakończeniu drugiej serii zabiegów okolica przeszczepu była niebolesna, blizna miękka i elastyczna, pozbawiona pęcherzy i nadmiernych przerostów surowiczych z prześwitującymi skoagulowanymi naczyniami. Stwierdzono poprawę mikrokrążenia w obrębie uszkodzonych tkanek, zakres ruchu ręki powrócił do fizjologicznej normy, ruchy odbywały się bez dolegliwości bólowych.

Również Pasek i wsp. [15] przeprowadzili badania dotyczące leczenia owrzodzeń podudzi za pomocą stymulacji magnetycznej skojarzonej z wysokoenergetycznymi diodami LED. Autorzy opisują przypadek 76-letniego mężczyzny cierpiącego od 5 lat na owrzodzenie podudzi na tle niewydolności żylnej. Rana charakteryzowała się dużą bolesnością, gnilnym zapachem, dużymi zmianami troficznymi w zabarwieniu i odżywieniu skóry, rana była pokryta ropnym nalotem. U pacjenta zastosowano magnetostymulację połączoną z diodami LED. Zabiegi stosowano pięć razy w tygodniu przez cztery tygodnie. Podczas terapii zaobserwowano podwyższenie progu bólu, poprawę zabarwienia skóry, zmniejszenie napięcia powierzchniowego oraz wypełnienie ubytków ziarniną. Po czterech tygodniach uzyskano całkowite zamknięcie rany.

Sieroń i wsp. [16] opisują badania własne przeprowadzone na 36 osobach z owrzodzeniami goleni pochodzenia żylnego. Uczestników badania podzielono na dwie grupy, w grupie A zastosowano magnetostymulację o parametrach: czas impulsu 5 ms, 10 mT, czas zabiegu 12 minut dziennie. W grupie B zastosowano pozorną terapię polem magnetycznym. Terapię prowadzono przez 8 kolejnych dni. Przed rozpoczęciem badań, w czwartym i ósmym dniu za pomocą metody planimetrycznej oceniano najdłuższy i najszerszy rozmiar oraz powierzchnię i objętość owrzodzenia, a także względną powierzchnię obszaru zainfekowanego i obszaru ziarniny w owrzodzeniu. W grupie A w czwartym i ósmym dniu terapii stwierdzono znamienne zmniejszenie wartości najdłuższego

Tab. 1. Wyodrębnione dane zawarte w badaniach nad skutecznością zastosowania pól magnetycznych we wspomaganiu gojenia ran przewlekłych

Autor	N	Wiek	Etiologia owrzodzeń	Parametry
Cañedo-Dorantes i wsp. 2015 [13]	n = 26	Brak danych	Rany w przebiegu zespołu stopy cukrzycowej	Grupa A: pole magnetyczne niskiej częstotliwości (120 Hz, fala sinusoidalna, 0,4–0,9 mT), 2 godziny dziennie, 2 × tygodniowo. Grupa B: pole magnetyczne niskiej częstotliwości (120 Hz, fala sinusoidalna, 0,4–0,9 mT), 25 minut dziennie, 2 × tygodniowo
Pasek i wsp. 2010 [14]	n = 1	13 lat	Rana po przeszczepie skóry z powodu oparzenia termicznego	I seria: magnetoledoterapia: zmienne pole magnetyczne, widmo pola zbliżone do piłokształtnego, średnia częstotliwość 181,88 Hz (aparat Viofor JPS z aplikatorem magnetyczno-świetlnym), czas zabiegu 10 minut + promieniowanie optyczne z zakresu czerwieni, długość fali 635 nm, gęstość energii 1,64 J/cm^2, intensywność 6 (program M1P2). 2 serie po 15 zabiegów, 1 × dziennie, 5 × tygodniowo, 10 dni przerwy pomiędzy seriami. II seria: jw. + masaż okolicy przeszczepu 10 minut dziennie
Pasek i wsp. 2006 [15]	n = 1	76 lat	Owrzodzenie podudzi	Magnetostymulacja z diodami LED: impulsowe promieniowanie niekoherentne (podczerwone 855 nm, 3400 mW i czerwone 630 nm, 500 mW) + impulsowe pole magnetyczne niskiej częstotliwości (Viofor JPS Light), czas zabiegu 10 minut, 5 × tygodniowo
Sieroń i wsp. 2005 [16]	n = 36	Grupa A: 69,3 lat, grupa B: 66,3 lat	Owrzodzenia podudzi	Grupa A (n = 21): magnetostymulacja, aplikator płaski (aparat Viofor JPS, program M2P3), widmo pola zbliżone do piłokształtnego, czas impulsu 5 ms, 10 mT, czas zabiegu 12 minut dziennie. Grupa B (n = 15): stymulacja pozorowana
Todd [17] 1991	n = 19	Brak danych	Przewlekłe owrzodzenie podudzi	Grupa A: wolnozmienne pole magnetyczne 5 Hz, 6 mT, czas zabiegu 15 minut, 5 × tygodniowo przez 2 tygodnie, antybiotykoterapia, utrzymanie aseptyki rany. Grupa B: pozorowana terapia polem magnetycznym
Sieroń i wsp. 1991 [18]	n = 142 101 K, 41 M	34–81 lat	Mieszana: n = 103 zmiany naczyniowe, n = 31 stopa cukrzycowa, n = 8 zmiany pourazowe	Grupa A (n = 78): pole o przebiegu sinusoidalnym, 40 Hz, 2,5–4,5 mT, Grupa B (n = 64): pole o przebiegu prostokątnym, 5 Hz, 3,8–8,4 mT. Czas zabiegu 12 minut, 5 × tygodniowo

Czas terapii	Efekt
100 dni lub do całkowitego wyleczenia	Średni czas gojenia ran wynosił 61,48 ±33,08 dni w grupie pierwszej i 62,56 ±29,33 dni dla grupy drugiej. Nie zaobserwowano skutków ubocznych ani ponownego powstania ran w miejscu, gdzie powstały przed terapią.
3 tygodnie + 10 dni przerwy + 3 tygodnie	Po I serii zaobserwowano zmniejszenie miejscowego procesu zapalnego (rozszerzenie naczyń krwionośnych, zwiększenie ukrwienia i uelastycznienia tkanki, mniejsze zaczerwienienie, mniejszy obrzęk) i pobudzenie procesu gojenia. Po zakończeniu terapii okolica przeszczepu była niebolesna, blizna była miękka i elastyczna oraz pozbawiona pęcherzy i nadmiernych przerostów surowiczych z prześwitującymi skoagulowanymi naczyniami. Stwierdzono poprawę mikrokrążenia w obrębie uszkodzonych tkanek, czynności ruchowe ręki wykonywane były w pełnym fizjologicznym zakresie ruchu i bez dolegliwości bólowych.
4 tygodnie	Podczas leczenia zaobserwowano podwyższenie progu bólu, poprawę zabarwienia skóry, zmniejszenie napięcia powierzchniowego, wypełnienie ubytków ziarniną. Po 4 tygodniach uzyskano całkowite zamknięcie rany.
8 dni	W grupie A w 4. i 8. dniu terapii stwierdzono znamienne statystycznie zmniejszenie wartości najdłuższego i najszerszego wymiaru owrzodzenia, powierzchni i objętości owrzodzenia, względnej powierzchni zainfekowanej tkanki i znamienny wzrost względnej powierzchni obszaru ziarniny w stosunku do wartości wyjściowych przed rozpoczęciem terapii. Zmiany wartości odpowiednich parametrów w grupie B wykazywały podobne tendencje, jednak różnice w stosunku do wartości wyjściowych nie były statystycznie znamienne. W grupach A i B efekt terapeutyczny był wyraźniejszy w pierwszej fazie cyklu terapii.
2 tygodnie	Grupa A: wyraźna tendencja do szybszego zamykania się rozmiarów owrzodzenia i obwodu kończyny zajętej procesem chorobowym w porównaniu do grupy kontrolnej. Brak znamienności statystycznej różnic.
Do pełnej epitelizacji	Grupa A: wyraźniejsze przyspieszenie procesu naskórkowania. Grupa B: silniejsze działanie przeciwbólowe i przeciwzapalne. Poprawa trofiki skóry (n = 29), pełna epitelizacja (n = 24 po 40 ekspozycjach, n = 32 po 60, n = 47 po 75, n = 19 po 90, n = 1 po 105)

i najszerszego wymiaru owrzodzenia, powierzchni i objętości owrzodzenia oraz względnej powierzchni zainfekowanej tkanki i znamienny wzrost względnej powierzchni obszaru ziarniny w stosunku do wartości przed rozpoczęciem badań. Podobnie w grupie B oceniane parametry również uległy poprawie, jednak nie były znamienne statystycznie. Zarówno w grupie A, jak i B efekt terapeutyczny był wyraźniejszy w pierwszej fazie cyklu terapii.

Natomiast Todd i wsp. [17] przeprowadzili kontrolowaną, podwójną ślepą próbę, prowadzoną u 19 chorych z owrzodzeniem goleni. W grupie eksperymentalnej badacze zastosowali terapię zmiennym polem magnetycznym w ciągu dwóch 5-dniowych cykli. Magnetoterapię uzupełniono antybiotykoterapią, utrzymywano aseptykę rany. Po zakończeniu badań wykazano tendencję do szybszego zmniejszenia się rozmiarów owrzodzenia i obwodu kończyny oraz zmniejszenia dolegliwości bólowych, w porównaniu do grupy kontrolnej. Uzyskane różnice nie wykazały znamienności statystycznej.

Sieroń i wsp. [18] opisują badania własne na 142 osobach w wieku 34–81 lat. W badanej grupie stwierdzono przewlekłe, niegojące się owrzodzenia podudzi o różnej etiologii. Pacjentów podzielono na dwie grupy – 78 osób z pierwszej grupy poddano ekspozycji wolnozmiennego pola magnetycznego o kształcie sinusoidalnym, częstotliwości 40 Hz i indukcji 2,5–4,5 mT. Grupę drugą poddano ekspozycji pola o kształcie prostokąta, częstotliwości 5 Hz i indukcji 3,8–8,4 mT. Czas pojedynczego zabiegu w obu grupach wynosił 12 minut dziennie. Terapię prowadzono pięć razy tygodniowo do momentu osiągnięcia pełnego pokrycia rany naskórkiem. W obu grupach zaobserwowano podobny przebieg i wyniki leczenia, jednak w grupie drugiej stwierdzono silniejsze działanie przeciwbólowe i przeciwzapalne. Grupa pierwsza charakteryzowała się wyraźniejszym przyspieszeniem procesu naskórkowania. Po 7–10 zabiegach w większości przypadków, w obu grupach, stwierdzono oczyszczenie się owrzodzenia z ropnego nalotu. Po 15 zabiegach doszło do zmniejszenie obrzęku i ilości wydzielanej treści surowiczej, po 20 zabiegach rozwijał się rąbek naskórka. Od tego momentu zaobserwowano istotną poprawę stanu klinicznego – przejawiała się zmniejszeniem rozmiarów owrzodzenia. Pełną epitelizację uzyskano po 40 ekspozycjach (29 przypadków), 60 (32 przypadki), 75 (47 przypadków) i 90 (19 przypadków). W przypadku osoby o najdłuższym czasie trwania owrzodzenia podudzia pełne zagojenie nastąpiło po 105 zabiegach.

Podsumowując, należy podkreślić, że magnetoterapia i magnetostymulacja wykazują skuteczność terapeutyczną u chorych z przewlekłymi ranami o różnej etiologii. Metoda ta jest tania, pozbawiona skutków ubocznych i nie obciąża pacjenta. Istnieje również możliwość łączenia magnetoterapii i magnetostymulacji z klasycznym leczeniem ran przewlekłych, zwłaszcza dlatego, że pole magnetyczne przenika przez opatrunki.

WNIOSKI

- Wszystkie prezentowane badania kliniczne i doświadczalne udowodniły przyspieszenie procesu gojenia ran przewlekłych dzięki zastosowaniu terapii fizykalnej.
- Dzięki badaniom klinicznym można aplikować metody fizykalne i dobierać parametry zabiegowe zgodnie z potwierdzonymi naukowo efektami.
- Terapia polem magnetycznym niskiej częstotliwości wykazuje silne działanie przeciwbólowe i przeciwzapalne.
- Terapia polem magnetycznym prowadzi do szybszego oczyszczania się rany.
- Zastosowanie magnetoterapii przyspiesza proces ziarninowania oraz naskórkowania. ■

PIŚMIENNICTWO:

1. Pasek J., Mucha R., Sieroń A. Magnetostymulacja – nowoczesna forma terapii w medycynie i rehabilitacji. Fizjoterapia 2006; 14 (4): 3–8.
2. Radzimińska A. i wsp. Metody fizykalne w terapii odleżyn. Journal of Education, Health & Sport 2015; 5 (4): 405–414.
3. Cieślar G., Nowak M., Kawecki M., Glinka M., Sieroń A. Zastosowanie zmiennych pól magnetycznych w medycynie. Leczenie Ran 2005; 2 (4): 63–70.
4. Sieroń A., Glinka M. Wpływ pól magnetycznych o zakresach terapeutycznych na proces gojenia się skóry i tkanek miękkich. Chirurgia Polska 2002; 4 (4): 153–158.
5. Sieroń A., Cieślar G., Krawczyk-Krupka A., Biniszkiewicz T. Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. Amedica Press, Bielsko Biała2002.
6. Sieroń A., Cieślar G. Zastosowanie zmiennych pól magnetycznych w medycynie – 15-letnie badania własne. Wiadomości Lekarskie 2003; LVI: 9–10.
7. Kim S., Choi J., Kwon M., Choi J., Kim D. Effect of 60 Hz magnetic fields on teenagers and adults. Environ Health 2013; 24 (12): 42.
8. Miecznik A., Fornalczyk-Wachowska E., Zeman K., Czernicki J. The effect of magnetotherapy and magnetostimulation on cytokine release by human peripheral blood lymphocytes in vitro. Clinical and Experimental Medical Letters 2007; 2 (48): 111–115.
9. Li X., Huang L., Kwan R., Cheung K. Pulsed electromagnetic fields (PEMF) promote early wound healing and myofibroblast proliferation in diabetic rats. Bioelectromagnetics 2014; 35 (3): 161–9.
10. Costin G., Birlea A., Norris A. Trends in Wound Repair: Cellular and Molecular Basis of Regenerative Therapy Using Electromagnetic Fields. Curr Mol Med 2012; 12 (1): 14–26.
11. Kenkre J., Hobbs F., Charter Y., Holder R., Holmes E. A randomized controlled trial of electromagnetic therapy in the primary care management of venous leg ulceration. Fam Pract 1996; 3: 236–241.
12. Fornalczyk-Wachowska E., Kuliński W. Metody fizykalne w profilaktyce i leczeniu owrzodzeń żylnych podudzi. Balneologia Polska 2008; 2: 86–92.
13. Cañedo-Dorantes L. et al. Efficacy and safety evaluation of systemic extremely low frequency magnetic fields used in the healing of diabetic foot ulcers – phase II data. Arch Med Res. 2015; 46 (6): 470–8.
14. Pasek J., Cieślar G., Pasek T., Sieroń A. Magnetoledoterapia – metoda fizykoterapeutyczna wspomagająca leczenie po przeszczepie skóry z powodu oparzenia – opis przypadku. Przegląd Flebologiczny 2010; 18 (3): 61–64.
15. Pasek J., Mucha R., Sieroń A. Owrzodzenie podudzi: leczenie za pomocą stymulacji magnetycznej skojarzonej z wysokoenergetycznymi diodami LED. Opis przypadku. Acta Bio Optica et Informatica Medica 2006; 1 (12): 15–17.
16. Sieroń A. i wsp. Próba obiektywizacji oceny skuteczności terapeutycznej magnetostymulacji w leczeniu owrzodzeń żylnych podudzi. Balneologia Polska 2005; 1: 33–40.
17. Todd D. et al. Treatment of chronic varicose ulcers with pulsed electromagnetic fields: a controlled pilot study. Ir Med. J 1991; 84: 54–55.
18. Sieroń A. i wsp. Leczenie owrzodzeń podudzi za pomocą zmiennego pola magnetycznego. Przegl. Dermatol. 1991; 3: 195–200.