

JAROSŁAW PASEK<sup>1</sup>, TOMASZ PASEK<sup>2</sup>, ALEKSANDER SIEROŃ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej oraz Ośrodek Diagnostyki i Terapii Laserowej w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

<sup>2</sup> Oddział Rehabilitacji Neurologicznej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego nr 5 im św. Barbary w Sosnowcu, Pl. Medyków 1

## Stałe pola magnetyczne w medycynie – aktualny stan wiedzy

*Static magnetic fields in medicine – the current state of knowledge*

### **Streszczenie:**

*W ostatnich latach pojawia się coraz więcej publikacji naukowych dotyczących wykorzystania stałych pól magnetycznych w medycynie. Prowadzi się również wielośrodkowe badania mające na celu określenie ich efektywności oraz bezpieczeństwa stosowania. Czynnikiem aktywnym tej metody jest pole magnetyczne, dlatego też najważniejszą kwestią jest określenie wpływu stałych pól magnetycznych na organizm żywy, w szczególności organizm człowieka. W pracy podjęto próbę usystematyzowania aktualnej wiedzy dotyczącej tej formy terapii w ramach prowadzonych zabiegów z zakresu medycyny fizykalnej.*

## Abstract:

In recent years more scientific publications relating to the practical use of static magnetic fields in medicine have appeared. Multi-centre research is being conducted with the aim of qualifying the efficiency and safety of its application. The active factor of this method is the magnetic field, therefore the most important question is to qualify the influence static magnetic fields have on living organisms, in particular the human body. In this work the authors systematize the current knowledge relating to this form of therapy in the framework of treatments within the range of physical medicine.

**Keywords:** leczenie, medycyna fizykalna, stałe pola magnetyczne

**Słowa kluczowe:** treatment, physical medicine, static magnetic fields

Ostatnie dwie dekady XX i XXI wieku wskazują na intensywne zainteresowanie nad terapeutycznym wykorzystaniem pól magnetycznych niskiej częstotliwości (MF–ELF) [1]. W medycynie dotyczy to zarówno wolnozmiennych, zmiennych jak i aktualnie stałych pól magnetycznych, co niewątpliwie związane jest z bezinwazyjnym i bezpiecznym sposobem leczenia [2].

Rozwój cywilizacyjny powoduje, że organizm człowieka nieustannie narażony jest na różnego rodzaju działanie pól magnetycznych, wytwarzanych przez urządzenia domowe, telefony komórkowe czy linie wysokiego napięcia [3]. Dlatego też wciąż prowadzi się badania naukowe, mające na celu określenie i wyjaśnienie pozytywnego bądź negatywnego wpływu fal elektromagnetycznych na organizm człowieka [2,4].

## Rys historyczny stałych pól magnetycznych

Próby wykorzystania pól magnetycznych wytwarzanych przez magnesy w postaci rud żelaza, zwanej magnetytem, w leczeniu chorych znane były już w starożytności. Lecznicze właściwości naturalnych magnesów wykorzystywał Arystoteles w III wieku p.n.e., w Rzymie Claudius Galenus (II w. p.n.e.), stosując magnesy jako czynnik przeciwbólowy. Przeciwbólowe działanie magnesów wykorzystywano także w X wieku n.e. w Persji podczas leczenia podagry. W Europie pierwsze badania naukowe podjęto w 1077 r. we Francji. Obecnie badania takie prowadzą liczne ośrodki, a do przodujących należą opracowania amerykańskie i japońskie [5,6]. Wśród pionierów współczesnego leczenia stałym polem magnetycznym wymienić należy dr. med. Kyoichi Nakagawę z Tokio, który jest twórcą określenia *syndrom deficytu pola magnetycznego*. Zespół ten obejmuje szereg objawów, takich jak: brak energii życiowej, częste bóle głowy, ramion oraz pleców, bezsenność oraz napięcia nerwowe [7].

## Charakterystyka stałych pól magnetycznych

W medycynie pola magnetyczne wykorzystuje się zarówno w diagnostyce jak i terapii [2,8]. Nazewnictwo pól magnetycznych wykorzystywanych w terapii zależy od parametrów fizycznych tych pól, a w szczególności od wartości i kształtu przebiegu zmian indukcji magnetycz-

nej oraz ich częstotliwości [8,9]. Dotychczas w medycynie fizykalnej najczęściej przeprowadzano zabiegi wolnozmiennego i zmiennego pola magnetycznego (tzn. magnetoterapia i magnetostymulacja), [10,11].

W ostatnich latach coraz popularniejsze stają się również stosowanie zabiegów stałego pola magnetycznego. Stałe pole magnetyczne to czynnik fizyczny, którego źródłem są elementy o trwałym momencie magnetycznym zwane magnesami. Pole to jest charakteryzowane wartością wektora indukcji magnetycznej  $B$ , jego przestrzennym rozkładem oraz polaryzacją [8,12]. Stałe pola magnetyczne to pola, które w danym określonym punkcie przestrzeni nie ulegają zmianom czasowym swojej wielkości i kierunku. Pole to można otrzymać poprzez zastosowanie nieruchomych stałych magnesów lub induktorów zasilanych stałym prądem elektrycznym. Częstotliwość stałego pola magnetycznego wynosi maksymalnie 1000Hz [12,13].

W terapii wykorzystuje się pola magnetyczne niskiej częstotliwości w zakresie od kilku do kilkunastu militesli (mT), natomiast w przypadku diagnostyki, np. rezonans magnetyczny (MRI), nawet do 8T. W terapii stałym polem magnetycznym stosuje się pola magnetyczne rzędu 50, 100, 200 czy nawet 300mT i więcej [2,8]. Według *World Health Organization* funkcje biologiczne w żaden sposób nie są narażone na zaburzenia w wyniku ekspozycji wyższych wartości indukcji magnetycznej. Dla zapewnienia szczególnego bezpieczeństwa przy dłuższej ekspozycji stałych pól magnetycznych na cały organizm określono dopuszczalną wartość na poziomie 200mT [4,14].

Fizyczne oddziaływanie stałego pola magnetycznego na organizm wynika głównie z wpływu na nieskompensowane spiny elektronowe, molekuly diamagnetyczne (w tym ciekłe kryształy zawarte w tkankach) oraz poruszające się ładunki elektryczne. W przypadku stosowania stałego pola magnetycznego należy uwzględnić również siły działające na płynne struktury biologiczne o zróżnicowanych właściwościach magnetycznych: struktury diamagnetyczne, paramagnetyczne oraz ferromagnetyczne. Podstawę fizyczną efektów biologicznych pól magnetycznych stanowi ukierunkowany ruch cząsteczek posiadających określony ładunek. Powyższe stwierdzenie oznacza, iż pierwszym i podstawowym celem żywego ustroju narażonym na działanie pola magnetycznego

są jony i elektrony, czyli składowe atomów i molekuł, posiadające ładunek elektryczny, z którym związany jest moment magnetyczny [2,3,15].

### **Działanie biologiczne stałych pól magnetycznych**

Działanie biologiczne stałych pól magnetycznych jest następstwem oddziaływania tych pól na prądy jonowe oraz na cząsteczki posiadające określony moment magnetyczny. Oddziaływanie to powoduje pewne ukierunkowanie bodźców fizykalnych, wpływając na właściwości błon komórkowych, układów elektrolitowych, próg pobudliwości wolnych zakończeń nerwowych czy komórek zdolnych do skurczu. Ogólna reakcja na bodźce moduluje złożone reakcje na różnych poziomach układu nerwowego [5,15].

Pola magnetyczne, oddziałując na poruszające się w organizmie jony za pośrednictwem sił Lorentza skierowanych prostopadle do kierunku strumienia jonów oraz kierunku linii sił pola magnetycznego, powodują zjawisko odchylenia się toru ruchu jonów ujemnych i dodatnich w przeciwnych kierunkach. Ponadto, w polu magnetycznym jony gromadzą się na barierach biologicznych, np. na błonach komórkowych, w wyniku czego dochodzi do polaryzacji jonowej i zmiany szybkości dyfuzji jonów pomiędzy wnętrzem komórki i przestrzenią zewnątrzkomórkową. Konsekwencją wspomnianych zjawisk jest zmiana wewnątrzkomórkowego stężenia, m.in. jonów wapnia, sodu i potasu, co ma istotny wpływ na intensywność wielu procesów metabolicznych oraz szybkość przewodnictwa nerwowego [2,8].

### **Stale pola magnetyczne w terapii**

Zastosowane miejscowo w ciągu 45 min codziennie w okresie 20-25 dni korzystnie wpływa na wiele schorzeń i dolegliwości związanych z chorobami o podłożu zwyrodnieniowym, zapalnym czy z uszkodzeniami (urazami) w obrębie tkanek miękkich [8,12].

#### *Stale pola magnetyczne w leczeniu chorób związanych z narządem ruchu*

W dostępnej literaturze odnaleźć można wyniki badań, które wskazują, iż stale pola magnetyczne wykazują skuteczne działanie przeciwbólowe w przypadku chorób związanych z układem ruchu oraz bólami mięśniowo-stawowymi. Wyniki tych prac udowodniły znamienne skuteczną terapeutyczną w efekcie działania stałego pola magnetycznego u pacjentów cierpiących na przewlekłe stany bólowe w obrębie kończyn górnych, stawów rąk, stawów kolanowych oraz biodrowych [16,17,18,19].

Szczególnie wyraźne lokalne działanie przeciwzapalne, a jednocześnie hamujące procesy destrukcyjne wykazano

w badaniu [16], w którym dokonano oceny wpływu stałego pola magnetycznego o natężeniu 170-200mT na bóle związane z zapaleniem kości i stawów kolanowych. Średnia wartość odczuwanego bólu oraz stanu zapalnego zredukowała się w przypadku badanych używających wyrobów magnetycznych (170-200mT) w porównaniu do grupy kontrolnej (wartość średniej różnicy: 1.3 punktów, CF=95%, p<0.003).

Stale pole magnetyczne wykorzystano również w leczeniu pacjentów z przewlekłymi bólami stawów kolanowych spowodowanych reumatyzmem [20]. Pacjenci stosujący ten rodzaj terapii w postaci wyrobu MagnaBloc (190mT) uzyskali zmniejszenie odczuwanych dolegliwości bólowych o 33% w stosunku do 2% w grupie kontrolnej.

Korzystne efekty terapeutyczne stałych pól magnetycznych zaobserwowano w grupie pacjentów w leczeniu fibromialgii [19,21]. Do badań zakwalifikowano 119 osób, z uwzględnieniem następujących kryteriów włączania do badań: wiek (18-65), ciągły ból przez okres dłuższy niż 3 miesiące, negatywne wyniki badania palpacyjnego w 11 na 18 określonych punktów. U wszystkich badanych (zarówno w grupach stosujących wyroby ze stałym polem magnetycznym jak i placebo) zaobserwowano zmniejszenie dolegliwości bólowych oraz ogólną poprawę stanu zdrowia.

#### *Stale pola magnetyczne w leczeniu chorób związanych z układem krążenia*

Niezwykle istotnym zagadnieniem jest wpływ stałego pola magnetycznego na schorzenia dotyczące układu krążenia. Badania wskazują, że stale pola magnetyczne wywołują działanie hipotensyjne w przypadku leczenia nadciśnienia tętniczego, obniżają poziom cholesterolu inicjując procesy dekoagulacji. Zmniejszają również stopień zwężenia naczyń krwionośnych [4,22].

W badaniu [23] wykazano między innymi pobudzające działanie stałego pola magnetycznego na mikrocyrkulację krwi w skórze. Nie zaobserwowano różnicy w zmianie przepływu krwi pomiędzy zastosowaniem różnych biegunów pola magnetycznego.

W innej pracy oceniono wpływ stałego pola magnetycznego na zmiany objętości wyrzutowej serca podczas restrykcji powysiłkowej [24]. Badaniem objęto grupę 15 mężczyzn zdrowych w wieku średnio 23,5 lat. Badani zostali poddani dwukrotnie, w odstępie 6-dniowym próbie czynnościowej na ergometrze. Badanych obciążono wysiłkiem submaksymalnym trwającym 30 min, stosując takie obciążenie, by od 10 min próby tętno wynosiło około 160/min. Przeprowadzone badanie wykazało, że zmiany metabolizmu wywołane wysiłkiem dominowały nad zmianami wywołanymi w ustroju działaniem stałego pola magnetycznego zastosowanego przed wysiłkiem.

Dalsze badania tych samych autorów mówią również o korzystnym wpływie stałych pól magnetycznych na restytucję powysiłkową. Badaniami objęto grupę 22 osób w wieku 19-24 lat, w tym 6 kobiet i 16 mężczyzn. Uzyskane wyniki badań przebiegu restytucji powysiłkowej wykazały korzystny wpływ stałego pola magnetycznego na przebieg procesu restytucji powysiłkowej, powodując jego skrócenie o około 50% w stosunku do grupy kontrolnej, która nie była poddana działaniu pola magnetycznego [25].

W innej pracy przeprowadzone badanie udowodniło, iż stosowanie zabiegów stałego pola magnetycznego w warunkach nadzoru ambulatoryjnego u pacjentów po przebytej zakrzepicy żył głębokich zapobiega rozwojowi zespołu pozakrzepowego i sprzyja zachowaniu zdolności do wykonywania dotychczasowej pracy u większości leczonych pacjentów [26].

#### *Stale pola magnetyczne w leczeniu ran pooperacyjnych*

Wpływ stałego pola magnetycznego na proces leczenia ran pooperacyjnych związanych z liposukcją różnych części ciała odnotowano w pracy [27]. Do badań zakwalifikowano 20 pacjentów z ranami po wcześniej zaplanowanych zabiegach, którzy spełnili następujące kryteria włączania do badania: wiek 18-75 lat, obu płci. Zaobserwowano statystycznie istotne ( $p < 0.05$ ) zmniejszenie odbarwienia skóry w przypadku grupy badanych stosujących stałe pole magnetyczne w stosunku do grupy kontrolnej. Zaobserwowano również znaczące statystycznie ( $p < 0.05$ ) zmniejszenie obrzęku pooperacyjnego w porównaniu do grupy kontrolnej.

W innej pracy podkreślono kliniczną przydatność stałych pól magnetycznych w kompleksowym leczeniu pacjentów z oparzeniami termicznymi. Zabiegi wdrażano w tej grupie badawczej od 4 doby przez okres 3 miesięcy. U wszystkich badanych stwierdzono obniżenie się stężenia kwasu mlekowego w osoczu krwi obwodowej [28].

#### *Stale pola magnetyczne w leczeniu chorób związanych z układem nerwowym*

Skuteczność terapeutyczna stałych pól magnetycznych zostaje również podkreślana w przypadkach chorób o podłożu neurologicznym. Okazuje się, że stałe pole magnetyczne powoduje pobudzenie przewodnictwa pomiędzy komórkami nerwowymi. Poprawia to metabolizm neuronów oraz wpływa na regenerację tkanki nerwowej poprzez nasilenie procesów rozgałęziania i różnicowania neurytów, a to prowadzi do szybszego powrotu utraconej funkcji uszkodzonych nerwów [12,29]. Przykładem takiej pracy jest badanie [30] przeprowadzone u 36 dorosłych pacjentów zespołem cieśni nadgarstka. Wyniki badań udowodniły, iż zastosowanie stałego pola magnetycznego o natężeniu 115mT w istotny sposób łagodzi krótkotrwały

i długotrwały ból oraz poprawia przewodzenie uciśniętych nerwów. Potwierdzeniem tych wyników badań jest praca [31].

Z kolei w pracy [32] autorzy określili wpływ stałego pola magnetycznego u pacjentów z rozpoznaniem stwardnienia rozsianego. Wyniki dowiodły, że stałe pole magnetyczne po upływie 6 miesięcy znamienne spowolniło proces postępujących dysfunkcji neurologicznych (*chronic progressive* – CP) związanych z chodem, równowagą oraz spastycznością.

Autorzy amerykańscy w pracy [33] podjęli próbę oceny zmian przewodnictwa neuronów w zależności od intensywności i natężenia stałego pola magnetycznego u pacjentów z chorobą Parkinsona. Analiza wyników wykazała, że zmiany natężenia pola wpływają na biofizyczne właściwości nie tylko przewodzenia, ale także zmieniają poziom wydzielania hormonów.

W innej pracy określono wpływ stałego pola magnetycznego na ból pochodzenia neuropatycznego związanego z cukrzycą. Wyniki wykazały, że stałe pole magnetyczne istotnie statystycznie redukuje: pieczenie (średnia zmiana -12%, placebo -3%,  $P < 0.05$  ANCOVA), drętwienie oraz mrowienie (średnia zmiana -10%, placebo 1%,  $P < 0.05$  ANCOVA) oraz ból (średnia zmiana -12%, placebo -4%,  $P < 0.05$  ANCOVA) [34].

Okazuje się, że stałe pole magnetyczne wpływa również na regulację wydzielania hormonów prawdopodobnie poprzez wpływ na strukturę i funkcję naczyń włosowatych otaczających gruczoły dokrewne, które jako element układu krążenia podlegają niepodważalnemu wpływowi działania pola magnetycznego. Stałe pole magnetyczne u 65 kobiet z bolesnym miesiączkowaniem spowodowało istotne statystycznie zredukowanie odczuwanego bólu ( $p < 0.02$ ). W tej grupie ponad 70% badanych kobiet odczuła zmniejszenie dolegliwości na poziomie przynajmniej 50% [8].

#### *Stale pola magnetyczne w leczeniu chorób związanych z układem oddechowym*

Wykorzystanie stałego pola magnetycznego może również być przydatną metodą w leczeniu niektórych chorób układu oddechowego. Przykładem jest praca Pasek J. i wsp. [35]. Aplikacja stałego pola magnetycznego wykazała znamienne wzrost wartości natężonej pojemności wydechowej 1-sekundowej w badanej grupie pacjentów, co wpłynęło na poprawę jakości ich życia.

#### **Przeciwwskazania do terapii stałym polem magnetycznym**

Jedynymi przeciwwskazaniami do stosowania stałych pól magnetycznych są implanty elektroniczne i ferromagnetyczne oraz ciąża. Nie stwierdzono w trakcie wielu

badan naukowych (w tym klinicznych) wpływu stałego pola magnetycznego na rozwój i powstanie choroby nowotworowej. Przeanalizowano zarówno dostępne piśmiennictwo dotyczące wpływu takiego pola w badaniach in-vitro oraz badań in-vivo. Według badań Międzynarodowej Agencji do Badań nad Rakiem (IARC – *International Agency For Research of Cancer*) stałe pole magnetyczne i elektryczne nie są czynnikami rakotwórczymi [8,12]. Autorzy niniejszej publikacji w badaniu eksperymentalnym również zastosowali aplikator do stałego pola magnetycznego w leczeniu ran u psa po operacyjnym usunięciu gruczolaka. Całkowite zagojenie się ran miało miejsce po 5-6 tygodniach terapii. Aplikacja stałych pól magnetycznych przyspieszyła proces oczyszczania ran z nekrotycznych tkanek, nastąpiła szybsza likwidacja ognisk ropnych oraz zahamowanie rozwoju mikroflory bakteryjnej w ranie. Stopniowo dochodziło również do zmniejszania wydzielania z rany treści surowiczej i zmniejszania utrzymującego się procesu zapalnego.

Natomiast do możliwych łagodnych działań niepożądanych zalicza się przejściowe nasilenie dolegliwości bólowych, szczególnie w początkowym okresie terapii, uczucie zmęczenia, nadmierna potliwość, zaburzenia snu, swędzenie lub mrowienie oraz niestabilność ciśnienia tętniczego krwi. Objawy te zazwyczaj mają niewielkie nasilenie i w większości przypadków mają charakter przejściowy [4,12].

## Podsumowanie

Metody fizykalne wykorzystujące pola magnetyczne – bez względu na ich rodzaj – dają zupełnie nowe możliwości. Kliniczne wykorzystanie stałych pól magnetycznych wprowadza nową metodę leczenia. Jak wynika z analizy zebranego piśmiennictwa korzystne efekty terapeutyczne są jednym z podstawowych nefarmakologicznych sposobów walki z przewlekłym bólem, przewlekłymi ranami, wykorzystując do tego określony rodzaj energii fizycznej.

## LITERATURA

- [1] Flam B.L.: Magnet therapy: Healing of hogwash? *Anesth Analg.* 2007; 104: 249-250.
- [2] Sieroń A., Cieślak G., Krawczyk-Krupka A. i wsp.: Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. Wydanie II. *α – medica press.* Bielsko-Biała 2002.
- [3] Barnes F., Greenebaum S., Handbook B.: *Bioengineering and Biophysical Aspects of Electromagnetic Fields – third edition;* CRC Press, 2006; 203-260.
- [4] Janicki J.S., Janicki L.J.: Wpływ gradientowego pola magnetycznego na organizm człowieka. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica.* 2008; 4(14): 300-301.
- [5] Yamaguchi-Sekino S., Sekino M., Ueno S.: Biological effects of electromagnetic fields and recently updated safety guidelines for strong static magnetic fields. *Magn Reson Med Sci.* 2011; 10(1): 1-10.
- [6] Marko S., Markov T.: What need to be known about the therapy with static magnetic fields? *Environmentalist.* 2009; 29: 169-176.
- [7] Nakagawa K.: Magnetic Field Deficiency Syndrome and Magnetic Treatment. *Japan Med. Journal.* 1976; 4: 27-35.
- [8] Janicki J.S. (red.): Zastosowanie stałych pól magnetycznych w terapii. Instytut Badań Fizykomedycznych. Poznań 2008.
- [9] Pasek J., Pasek T., Sieroń A.: Niektóre praktyczne zalecenia w stosowaniu pól magnetycznych i światła w medycynie fizykalnej. *Acta Bio – Optica et Informatica Medica.* 2007; 14 (4): 284-285.
- [10] Sieroń A., Pasek J., Mucha R.: Magnetoterapia. *Rehabilitacja w Praktyce.* 2006; 3: 29-32.
- [11] Pasek J., Mucha R., Sieroń A.: Magnetostymulacja – nowoczesna forma terapii w medycynie i rehabilitacji. *Fizjoterapia.* 2006; 14(4): 3-8.
- [12] Pasek J., Cieśla G., Budziosz J., Pasek T., Sierot A.: Static magnetic field in physical medicine” in: J. Taradaj, A. Sieroń, M. Jarzębski, “Fizykoterapia w praktyce”, ELAMED, Katowice 2010.
- [13] Taradaj J., Sieroń A., Jarzębski M (red.): Fizykoterapia w praktyce. Praca zbiorowa. Wydawnictwo ELAMED. Katowice 2010.
- [14] Morrish, A.H.: *The Physical Principles of Magnetism.* John Wiley and Sons. New York. 1968.
- [15] Polk Ch., Postow E., Handbook B.: *Biological Effects of Electromagnetic Fields – Second edition;* CRC Press, 1996; 149-184.
- [16] Max H., Pittler M., Elizabeth M.E., Brown E.E.: Static magnets for reducing pain: systematic review and meta-analysis of randomized trials. *CMAJ.* 2007; 177(7): 736-742.
- [17] Pasek J., Szajkowski S., Zięba A., Pyrskała M., Budziosz J., Pasek T., Sieroń A.: Variable and static magnetic Fields in the treatment of arthrosis. *JEcolHealth.* 2011; 15(2): 79-82.
- [18] Cosimo C., Pogliacomi F., Passera F., Concaro G.: Treatment of wrist and hand fractures with natura magnets: preliminary report. *Acta Biomed.* 2007; 78: 198-203.
- [19] Shupak N.M., McKay J.C., Nielson W.R.: Exposure to a specific pulsed low-frequency magnetic field: a double-blind placebo-controlled study of effects on pain ratings in rheumatoid arthritis and fibromyalgia patients. *Pain Res Manag.* 2006; 11(2): 85-90.
- [20] Segal N.A., Toda Y., Huston J.: Two configurations of static magnetic fields for treating rheumatoid arthritis of the knee: a double-blind clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82(10): 1453-1460.
- [21] Samborski W., Kołczewska A.: Zastosowanie stałego pola magnetycznego w leczeniu chorych na fibromię. *Medical News.* 1993; 64(4): 45-52.
- [22] Laali M., Flécher E., Nogaredo B., Martinez N., Aubert S., Leprince P., Gandjbakhch I.: First experimental use of magnets in cardiac valve repair. *J Heart Valve Dis.* 2011; 20(1): 70-74.
- [23] Gmitrov J.: Static magnetic field effect on the arteria baroreflex – mediated control of microcirculation: implications for cardiovascular effects due to environmental magnetic fields. *Radiant Environ Biophys.* 2007; 46(3): 281-290.
- [24] Nikisch J., Paluszak J.: Wpływ stałego, niejednorodnego pola magnetycznego na zmiany objętości wyrzutowej serca podczas restytucji powysiłkowej. *Medycyna Sportowa.* 1993; 39(10): 7-8.
- [25] Nikisch J., Paluszak J.: Wpływ stałego pola magnetycznego wytwarzanego przez aplikator magnetyczny na przebieg restytucji powysiłkowej. *Medycyna Sportowa.* 1993; 31(9): 11.
- [26] Man D., Man B., Plosker H.: The influence of permanent magnetic field therapy on wound healing in suction lipectomy patients: A double-blind study. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 104: 2261-2266.
- [27] Markov M.S., Pilla A.A.: Electromagnetic field stimulation of soft tissue: pulsed radiofrequency treatment of post-operative pain and edema. *Wounds.* 1995; 7(4): 143-151.
- [28] Opalko K.: Leczenie polem elektromagnetycznym. Wydawnictwo Med. Pharm Polska. Wrocław 2009.
- [29] Janicki J.S.: Podstawy zastosowania gradientowego pola magnetycznego w rehabilitacji. *Rehabilitacja w Praktyce.* 2009; 1: 15.
- [30] Weintraub M.I., Cole S.P.: A randomized controlled trial of the effects of a combination of static and dynamic magnetic fields on carpal tunnel syndrome. *Pain Medicine.* 2008; 5(9): 27-33.
- [31] Colbert A.P., Markov M.S., Carlson N., Gregory W.L., Carlson H., Elmer P.J.: Static magnetic field therapy for carpal tunnel syndrome: a feasibility study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010; 91(7): 1098-1104.
- [32] Sandyk R.: Treatment with electromagnetic field alters the clinical course of chronic progressive multiple sclerosis. *NeuroCommunication Research Laboratories, Danbury. Int J Neurosci.* 1996; 88(1-2): 75-82.
- [33] Wang Z., Che P.L., Du J., Ha B., Yarema K.J.: Static magnetic field exposure reproduces cellular effects of the Parkinson's disease drug candidate. *PLoS One.* 2010; 8; 5(11): 13-18.

[34] Jing D., Shen G., Cai J. et al.: Effects of 180mT static magnetic fields on diabetic wound healing in rats. *Bioelectromagnetics*. 2010; 31(8): 640-648.

[35] Pasek J., Budziosz J., Szajkowski S., Sieroń A.: The influence of static magnetic fields on the chosen spirometric parameter in patients with chronic obstructive pulmonary disease” in: J. Taradaj, A. Sieroń, M. Jarzębski, “Fizykoterapia w praktyce”, ELAMED, Katowice 2010.

---