

WPLYW ZMIENNEGO POLA MAGNETYCZNEGO NA AKTYWNOŚĆ ENZYMÓW ANTYOKSYDACYJNYCH WE KRWI SZCZURA

Janusz Paluszak, Przemysław Sosnowski, Kinga Mikrut

Katedra Fizjologii Akademii Medycznej im. K. Marcinkowskiego ul. Świąteczkiego 6, 60-781 Poznań

Streszczenie

Samce szczurów poddano jednorazowemu działaniu zmiennego pola magnetycznego. We krwi określono poziomy malonyldialdehydu, nadtlenu wodoru (jako wykładników stresu oksydacyjnego) oraz aktywność enzymów antyoksydacyjnych: dysmutazy ponadtlenu, katalazy, peroksydazy glutationowej, dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej oraz całkowity stan antyoksydacyjny.

Abstract

The effect of pulsating magnetic field on antioxidant enzymes activity in the rat's blood

Male rats were subjected to a single exposition of pulsating magnetic field. The levels of malondialdehyde, hydrogen peroxide (oxidative stress factors), superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glucose-6-phosphate dehydrogenase activity as Total Antioxidant Status in blood were measured.

Słowa kluczowe: zmienne pole magnetyczne, MDA, H_2O_2 , SOD, CAT, GSH-Px, G-6-PDH, stres oksydacyjny

Key words: pulsating magnetic field, MDA, H_2O_2 , SOD, CAT, GSH-Px, G-6-PDH, oxidative stress

Wpłynęło: 01.12.98 *Zaakceptowano:* 15.04.99

Wstęp

Współczesny człowiek coraz częściej spotyka się z oddziaływaniem pól magnetycznych. Są one generowane podczas przesyłania i wykorzystywania energii elektrycznej. Pola magnetyczne coraz powszechniej stosowane są w nieinwazyjnych technikach diagnostycznych i terapeutycznych.

Pola magnetyczne działając na organizmy żywe wywołują w nich wiele efektów biologicznych. Do dobrze udokumentowanych należą obserwacje dotyczące wpływu pola magnetycznego na nasilenie procesów regeneracji tkanek oraz działania przeciwozrostowego i przeciwzapalnego [22,31,35]. Opisywano wpływ pola magnetycznego na strukturę DNA, czynność bioelektryczną mózgu i komórek cechujących się automatyzmem [4,12,20].

Od 1979 roku, kiedy Wertheimer i Lepper wskazali, że częstość zachorowań dzieci na nowotwory krwi w Denver (USA) wykazuje dodatnią korelację z przebiegiem linii energetycznych, szerokie zainteresowanie wzbudziły oddziaływania pól elektromagnetycznych o bardzo małych częstotliwościach. Nie potwierdzają tego jednak inni autorzy [32,39], co znajduje wyraz

w oficjalnych oświadczeniach agencji rządowych i paragrafów USA [24,38].

Zainteresowanie badaczy wzbudza także wpływ pola magnetycznego na procesy oddychania komórkowego. Obserwowano pobudzenie procesów wiązania tlenu przez hemoglobinę i jego utylizację w obrębie cytochromów [7,30]. Korzystny wpływ pola magnetycznego u chorych z niedokrwieniem serca tłumaczy się poprawą zaopatrzenia w tlen [18]. Zmiany aktywności oksydazy cytochromu C w zależności od położenia próbek względem przebiegu linii sił pola magnetycznego obserwowali w badaniach *in vitro* Górczyńska i wsp. Stwierdzono również wzrost aktywności dehydrogenazy NADPH, dehydrogenazy bursztynianowej i oksydazy cytochromu w hepatocytach szczurów poddanych działaniu pola magnetycznego [15,16]. W perfundowanych wątrobach szczura obserwowano wzrost zużycia tlenu pod wpływem pola magnetycznego o niskiej częstotliwości [28].

Skutkiem nasilenia procesów oddychania komórkowego jest również obserwowany wzrost ilości wolnych rodników tlenowych w organizmach poddanych działaniu pola magnetycznego [11,33]. Wielu autorów sugeruje, że negatywne skutki oddziaływania pola magne-

tycznego na ustrój, jak uszkodzenia DNA lub indukcja procesów nowotworowych, mogą mieć podłoże w nasilonym tworzeniu lub przedłużonym czasie trwania reaktywnych form tlenowych [1,6,8,20,27]. Inne badania wskazują, że indukowane przez zmienne pola magnetyczne wolne rodniki mogą przyspieszać gojenie ran i zrost kości [3,22,34] oraz odgrywają podstawową rolę w procesach obronnych, zależnych od układu mieloperoksydazy granulocytów obojętnochłonnych [36].

Wolne rodniki są to atomy, cząsteczki lub ich fragmenty zdolne do samodzielnego istnienia, posiadające jeden lub więcej niesparowanych elektronów na orbitalach [10,17]. Nie wszystkie związki tlenu o własnościach wolnorodnikowych są rodnikami tlenowymi, dlatego bardziej celowe wydaje się używanie określenia reaktywne formy tlenu (RFT). Do RFT należą: nadtlenek wodoru (H_2O_2), kwas podchlorawy (HClO), ozon (O_3), tlen singletowy i chloraminy. Przyjmuje się, że przyczyną toksyczności RFT jest przede wszystkim powstający z nich rodnik hydroksylowy (OH^*).

W toku ewolucji organizmy wytworzyły systemy zabezpieczeń przeciwdziałających szkodliwym efektom wywoływanym przez wolne rodniki. Do najważniejszych należy układ enzymów antyoksydacyjnych. W jego skład wchodzi: dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), katalaza (CAT), peroksydaza glutationowa (GSH-Px). SOD katalizuje reakcję utleniania-redukcji, będącą pierwszym etapem inaktywacji rodnika ponadtlenkowego [19].

Katalazy są hemoproteinami rozkładającymi nadtlenek wodoru. Wykazują aktywność katalazową dominującą w środowisku o wysokim stężeniu nadtlenu wodoru, a peroksydazową przy niskim [2,9]. GSH-Px katalizuje redukcję nadtlenu wodoru i nadtlenu organicznych przez zredukowany glutation [13]. Ważną pomocniczą rolę w tym układzie pełni dehydrogenaza glukozy-6-fosforanowa (G-6-PDH). Będąc kluczowym enzymem cyklu pentozofosforanowego dostarcza NADPH, który jest kofaktorem dla reduktazy glutationowej, odpowiedzialnej za resyntezę zredukowanej formy glutationu.

Przy zwiększonym wytwarzaniu RFT ich degradacja może być niewystarczająca, co niesie ze sobą określone następstwa dla organizmów, w których powstają.

Należy do nich m.in.:

- 1) oksydacja wielonienasyconych kwasów tłuszczowych,
- 2) zmniejszenie płynności błon komórkowych,
- 3) uszkodzenie struktury kwasów nukleinowych,
- 4) uszkodzenie biopolimerów,
- 5) inaktywacja enzymów,
- 6) wytwarzanie czynników chemotaktycznych.

Cel pracy

W dostępnym piśmiennictwie brak informacji na temat aktywności enzymatycznych układów antyoksydacyjnych w organizmach poddanych działaniu pól magnetycznych. Dlatego podjęto próbę oceny aktywności dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy, peroksydazy glutationowej, dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej, całkowitego stanu antyoksydacyjnego komórki (TAS), oraz stężenia malonyldialdehydu (MDA) i nadtlenu wodoru (H_2O_2) jako markera rodnikogenezy we krwi szczurów poddanych jednorazowemu działaniu pulsacyjnego pola magnetycznego.

Material i metody

Badania przeprowadzono na szczurach, samcach szczepu Wistar o średniej masie ciała 220 ± 10 g, pojoyonych wodą i karmionych paszą LSM *ad libitum*. Temperatura w zwierzętarni wynosiła 18 ± 1 °C, a kolejne cykle światło-ciemność trwały 12 godzin. Badania wykonano między godz. 9⁰⁰ a 11⁰⁰.

Zwierzęta podzielono na dwie grupy po 10 szczurów każda:

- I grupa odniesienia (kontrolna). Szczury usypiano podając dootrzewnowo Thiopental (sól sodowa kwasu 5-etylo-5-(metylobutylo)-2-tiobarbiturowego) f-my Spofa, w dawce 35 mg/kg masy ciała.
- II grupa badana. Zwierzęta po uśpieniu w warunkach jak w grupie I poddano jednorazowemu działaniu zmiennego pola magnetycznego o natężeniu 70 μ T przez 8 minut. Jako aplikator pola magnetycznego stosowano poduszkę z wbudowanymi cewkami oraz kontrolujący jej działanie sterownik. Oba te elementy wchodziły w skład terapeutycznego systemu magnetostymulacyjnego MRS 2000 firmy Vita Life Polska. Czas trwania ekspozycji zastosowano zgodnie z zaleceniami producenta. Zwierzęta układano zawsze w tym samym miejscu aplikatora i w takim samym ułożeniu ciała.

Pobieranie materiału i wykonanie oznaczeń

Po zakończeniu ekspozycji na pole magnetyczne od uśpionych szczurów pobierano krew stosując punkcję prawej komory serca. Próbkę krwi w heparynizowanych probówkach wirowano przy 700×g przez 10 minut. W uzyskanym osoczu oznaczono poziom malonyldialdehydu metodą Ohkawy [26], poziom nadtlenków metodą Frew [14], a stan antyoksydacyjny zestawami testowymi firmy Randox (W. Brytania).

W krwinkach czerwonych określono poziom MDA metodą Ohkawy oraz aktywność G-6-PDH zestawami

testowymi firmy Sigma, SOD – metodą Misry i Fridovicha [23], CAT – metodą Beers'a [5] i GSH-Px zestawami testowymi f-my Randox.

Wyniki przedstawiono jako średnią arytmetyczną ± odchylenie standardowe (± SD). Istotność różnic pomiędzy grupami określono testem t-Studenta dla prób niezależnych, przyjmując znamienność różnic dla $p < 0,05$

Wyniki

Uzyskane wyniki zamieszczono w poniższej tabeli.

	N	MDA osocze [nM]	MDA krwinki [nM /gHb]	H ₂ O ₂ [μmol/ml]	SOD [U/gHb]	CAT [U _{Bergmayer} /gHb]	GSH-Px [U/gHb]	G-6- PDH [U/gHb]	TAS [nM]
KONTROLA	8	2,88± 0,35	12,68±0,74	3,18± 0,22	1367,2± 72,6	2,26± 0,26	13,01± 0,92	37,4± 2,4	1,64± 0,10
GRUPA BADANA	8	3,02± 0,23	12,48±1,13	0,24± 0,02*	571,3± 18,9*	1,63± 0,08*	21,06± 1,13*	48,3± 3,2 *	0,57± 0,03*

* – Wartości różniące się statystycznie istotnie w porównaniu z grupą kontrolną

Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) obniżyła się o 27,9% a katalazy (CAT) o 58,2% w porównaniu z grupą kontrolną. Aktywność peroksydazy glutationowej (GSH-Px) wzrosła o 61,9% w porównaniu z grupą kontrolną. Aktywność dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej wzrosła o 29,1% w porównaniu z grupą kontrolną. Stężenie H₂O₂ obniżyło się o 92,5% w porównaniu z grupą kontrolną. Stan antyoksydacyjny (TAS) zmierzony w osoczu krwi obniżył się w stosunku do wartości wyjściowych o 65,2%. Poziomy malonyldialdehydu (MDA) w osoczu krwi i w krwinkach czerwonych nie uległy istotnym statystycznie zmianom.

Omówienie

W warunkach doświadczenia polegającego na poddaniu badanych szczurów jednorazowemu, 8-minutowemu oddziaływaniu zmiennego pola magnetycznego obserwowane enzymy zmieniały swoją aktywność w niejednakowy sposób.

Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej uległa obniżeniu. SOD są oksydoreduktazami zawierającymi w swej cząsteczce jony metali (Fe,Cu,Mn). Enzymy te inaktywują rodnik ponadtlenkowy w reakcjach redukcji jonu metalu zawartego w cząsteczce enzymu z uwolnieniem cząsteczki O₂, następną cząsteczką O₂ utlenia zredukowany jon metalu z wytworzeniem cząsteczki

H₂O₂ [17]. H₂O₂ jest następnie rozkładany przez katalazy i peroksydazy.

Katalazy należą do żelazoporfiryn, a ich aktywność jest wzbudzana głównie przez wysokie stężenie H₂O₂ w środowisku [2,29]. W naszych badaniach stężenie H₂O₂ pod wpływem pola magnetycznego uległo znacznemu obniżeniu, co koreluje z obniżeniem aktywności CAT.

Natomiast aktywność peroksydazy glutationowej w warunkach doświadczenia uległa znaczącemu zwiększeniu. GSH-Px występuje w dwóch rodzajach – zawierająca selen w swej cząsteczce i nie zawierająca selenu [21,37]. GSH-Px selenoniezależna wykorzystuje zredukowany glutation (GSH) do redukcji wodoronadtlenków lipidowych. W efekcie powstaje glutation utleniony (GSSG). Wzrost ilości GSSG w erytrocytach królika pod wpływem pola magnetycznego obserwowali Fiorani i współpracownicy [12].

Wzrost aktywności dehydrogenazy G-6-PDH może potwierdzać wzmożone wykorzystywanie zredukowanego glutationu. Wzmoczoną aktywnością GSH-Px oraz krótkim czasem trwania doświadczenia można próbować wyjaśnić to, że nie obserwowano wzrostu poziomu MDA – wykładnika nasilenia procesów rodnikogenezy zarówno w osoczu, jak i krwinkach czerwonych.

Zauważono, że znaczące obniżenie aktywności dotyczyło enzymów należących do metaloenzymów.

Może to sugerować bezpośredni wpływ pola magnetycznego na aktywność tych enzymów. Wzrost aktywności oksydazy cytochromu C obserwowali również Górczyńska i wsp. [15]. Stwierdzili oni, że zmiany aktywności tego enzymu zależą od ułożenia próbek enzymu w stosunku do przebiegu linii sił pola magnetycznego. Obserwowano także wzrost aktywności oksydazy cytochromu C pod wpływem stałego pola magnetycznego [25].

Podsumowanie

Uzyskane wyniki potwierdzają istotny wpływ nawet krótkotrwałej ekspozycji ustroju na oddziaływanie zmiennego pola magnetycznego. Dlatego też wydaje się celowe prowadzenie dalszych badań nad wpływem pola magnetycznego na procesy tworzenia wolnych rodników, zwłaszcza RFT oraz sprawności mechanizmów antyoksydacyjnych.

Literatura

- [1] A. Ahlbom, M. Feygthig, M. Koskenvuo, J.H. Olsen., T. Pukkala, G. Schlugen, P.K. Verkasalo: *Electromagnetic field and childhood cancer*. Lancet, 342, 1295-96, 1993.
- [2] K.W. Asada, J.G. Scandalios: *Molecular Biology of Free Radical Scavenging Systems*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 173-192, 1992.
- [3] C.A. Basset: *Beneficial effects of electromagnetic fields*. J. Cell Biochem., 51:4, 387-93, 1993.
- [4] S.M. Bavin, W.M. Satmary, R.A. Jones, W.R. Adey, G. Zimmerman: *Extremely-low-frequency magnetic fields disrupt rhythmic slow activity in rat hippocampal slices*. Bioelectromagnetics, 17, 388-395, 1996.
- [5] R. Beers, J.W. Sizer: *Spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase*. J. Biol. Chem., 195, 133-140, 1952.
- [6] W.R. Bennett: *Cancer and power lines*. Physics Today, 4, 23-29, 1994.
- [7] F. Besozzi: *Applicazioni dei campi elettromagnetici pulsantiniella pratica medica*. Agg. Elletro-Magnetomed., 1, 37-43, 1983.
- [8] B. Brocklehurst, K.A. McLauchlan: *Free radical mechanism for the effects of environmental electromagnetic fields on biological systems*. Int. J. Radiat. Biol., 69:1, 3-24, 1996.
- [9] B. Chance, N. Oshino: *Kinetics and mechanisms of catalase in peroxisomes of the mitochondrial fraction*. Biochem. J., 122:2, 225-233, 1971.
- [10] B. Domagała, R. Dworski: *Wolne rodniki i antyoksydanty. Udział nadtlenków lipidów w rozwoju miażdżycy*. Pol. Tyg. Lek., 41, 697-700, 1986.
- [11] M. Ferrari, V. Quaresima, C.L. Ursini, M. Alecci, A. Sotgiu: *In vivo electron paramagnetic resonance spectroscopy-imaging in experimental oncology: the hope and the reality*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 29:3, 421-425, 1994.
- [12] M. Fiorani, B. Biagiarelli, F. Vetrano, G. Guidi, M. Dachr, V. Stocchi: *In vitro effects of 50 Hz magnetic fields on oxidatively damaged rabbit red blood cells*. Bioelectromagnetics, 18, 125-131, 1997.
- [13] L. Floche: *Glutathione peroxidase brought into focus*. [in:] Free Radicals in Biology. Ed. W.A.Pryor, Acad. Press New York 1980, 223-229.
- [14] J.F. Frew, P. Jones, G. Scholes: *Spectrophotometric determination of hydrogen peroxide and organic hydroperoxides at low concentrations in aqueous solution*. Anal. Chem. Acta, 155, 139-150, 1983.
- [15] E. Górczyńska, G. Gałka, R. Królikowska, R. Węgrzynowicz: *Effect of magnetic field on activity of cytochrome oxidase not moved or moved relative to magnetic field lines*. Physiol. Chem. Phys., 143, 201-207, 1982.
- [16] E. Górczyńska, R. Węgrzynowicz: *Structural and functional changes in organelles of liver cells in rats exposed to magnetic fields*. Environ Res., 55:2, 188-198, 1991.
- [17] B. Halliwell, J.M. Gutteridge: *Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine. Some problems and concepts*. Arch. Biochem. Biophys., 246, 501-514, 1986.
- [18] Ł.W. Jezowa, M.J. Achmiedzanow, A.A. Szatrow: *Izmienienije u bolnych pierieniesszych infarkt miokardia, fiziczeskoj rabotosposobnosti pod wlijanijem kursa dozirovanyh wielotrieniwok s priedwritielnym wozdiejstwijem magnitnym polem*. Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult., 1, 58-59, 1985.
- [19] S. Kanermatsu, Z. Takeschima, H. Hagiwara: *Chemically-synthesized gene encoding modified human superoxide dismutase: its construction, expression and properties of the product*. Free Rad. Res. Comms., 12, 829-37, 1991.
- [20] H. Lai, N.P. Singh: *Melatonin and N-tert-butyl-*

- alpha-phenylnitron* block 60 Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells. *J. Pineal Res.*, 22:3, 152-162, 1997.
- [21] A.E. Liczmański: Toksyczność tlenu. II. Mechanizmy ochronne. *Post. Biochem.*, 34, 293-310, 1988.
- [22] F. Mc Donald: *Effect of static magnetic fields on osteoblasts and fibroblasts in vitro.* *Bioelectromagnetics*, 14, 187-196, 1993.
- [23] H.P. Misra, J. Fridovich: *The role of superoxide anion in the autooxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase.* *J. Biol. Chem.*, 247:10, 3170-3175, 1972.
- [24] National Radiological Protection Board Advisory Group on Non-ionising Radiation, supplementary report, chairman: Doll R. 1994.
- [25] B. Nossol, G. Buse, J. Silny: *Influence of weak static and 50 Hz magnetic fields on the redox activity of cytochrome-C oxidase.* *Bioelectromagnetics*, 14, 361-72, 1993.
- [26] Ohkawa H., Ohishi N., Yagi K.: *Assay for lipid peroxides in animal tissues tiobarbituric acid reaction.* *Analitical Biochem.*, 95, 351-358, 1979.
- [27] Olsen J.H., Nielsen A., Schlugen G.: *Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children.* *British Med. J.*, 307, 891-895, 1993.
- [28] Omote Y., Nakajima S., Samejima N., Kobayashi S., Nakajima S., Suzaki T.: *Effect of low frequency pulsing magnetic field upon the respiratory metabolism and transmembrane ion fluxes of perfused rat livers.* *Hokkaido Igaku Zasshi*, 63:2, 240-249, 1988.
- [29] M.E. Percy: *Catalase - an old enzyme with a new role? A review.* *Can. J. Biochem. Cell. Biol.*, 62, 1006-14, 1984.
- [30] E.Z. Rabinowicz, J.P. Taran, M.D. Usaczewa, I.M. Epstein, A.N. Kuzniecowa: *Wlijanije postojanogo magnitnogo pola na dychanije koży czelowieka pri riepreatiwnych i diestruktiwnych processach.* *Biofizika*, 28, 693-697, 1983.
- [31] O. Ricci O., De Iure.: *Primi resultati su esperienze personali in magnetoterapia.* *Agg. Elletro-Magnetomed.*, 1, 25-30, 1983.
- [32] D.A. Savitz, H.A. Wachtel, S. Barnes, E.M. John, J.C. Tvrdik: *Case control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields.* *Am. J. Epidemiol.*, 128, 21-38, 1988.
- [33] J.C. Scaiano, N. Mohtat, F.L. Cozens, J. McLean, A. Thansandote: *Application of the radical pairs mechanisms to free radicals in organized systems: Can the effects of 60 Hz be predicted from studies under static fields?* *Bioelectromagnetics*, 15, 549-554, 1994.
- [34] A. Sieroń, G. Cieślár, M. Adamek: *Zastosowania kliniczne; Choroby narządu ruchu. Choroby skóry i tkanek miękkich.* [w:] *Magnetoterapia i laseroterapia*, red. A. Sieroń, 1994.
- [35] B.F. Siskin, J.M. Jacob, J.L. Walker: *Acute treatment with pulsed electromagnetic fields and its effects on fast axonal transport in normal and regenerating nerve.* *J. Neursci. Res.*, 42, 692-699, 1995.
- [36] J.P. Uetrecht: *Myeloperoxidase as a generator of drug free radicals.* *Biochem. Soc. Symp.*, 61, 163-170, 1995.
- [37] F. Ursini, M. Maiorino, C. Gregolin: *The selenoenzyme phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase.* *Biochim. Biophys. Acta*, 839, 62-70, 1985.
- [38] US National Academy of Sciences Report: *Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Field*, 1996.
- [39] N. Wertheimer, E. Leeper: *Electrical wiring configurations and childhood cancer.* *Am. J. Epidemiol.*, 109, 273-284, 1979.

Spis treści/Contents**Magnetoterapia/Magnetotherapy**

Wpływ zmiennego pola magnetycznego na aktywność enzymów antyoksydacyjnych we krwi szczura (The effect of pulsating magnetic field on antioxidant enzymes activity in the rat's blood)

Janusz Paluszak, Przemysław Sosnowski, Kinga Mikrut 1

Kriomedycyna/Cryomedicine

Wpływ ogólnoustrojowej krioterapii na parametry krwi obwodowej zawodników kadry narodowej lekkoatletów (Whole-body cryotherapy influence on chosen blood parameters of athletes from the Polish national team)

Dariusz Biały, Krzysztof Zimmer, Zdzisław Zagrobelny 7

Krioterapia w leczeniu zespołu rzepkowo-udowego (Cryotherapy for treatment of chondromalatio patellae)

Krzysztof Zimmer, Anna Skrzek, Dominika Jonak 11

Znaczenie krioterapii w leczeniu fibromialgii (Cryotherapy for treatment of fibromyalgia)

Anna Skrzek, Helena Śmiechowicz, Zdzisław Zagrobelny 15

Inżynieria biomedyczna/Biomedical Engineering

Wpływ częstotliwości akwizycji obrazów video na ocenę zaburzeń układu ruchowego człowieka (The influence of video image frame rate on analysis of the motor system disorders in man)

Małgorzata Świder 19

Optyczna pinceta i skalpel laserowy (Optical tweezer and laser scalpel)

Maciej Witeczyński, Erik Fällman 23

Komputery w medycynie/Computers in Medicine

Kasy Chorych i świadczeniodawcy w oczekiwaniu na systemy informatyczne wspomagające rozliczenia usług medycznych (Health Funds and health care services providers are waiting for informatics system for billing of health care services)

Kazimierz Frączkowski 35

Medycyna fizykalna/Physical Medicine

Patologia krążka międzykręgowego i objawy kliniczne związane z jego uszkodzeniem (Pathophysiology of intervertebral disc and symptoms related to its herniation)

Beata Pełkowska 41

Badanie dostępności przepony dla elektrostymulacji bezpośredniej (Accessibility of the diaphragm for electrostimulation)

Agnieszka Pisula, Maciej Rajewski, Jan Łazowski 45

Elektrostymulacja przepony (Diaphragm electrostimulation)

Agnieszka Pisula, Maciej Rajewski, Jan Łazowski 49

MEDYCYNA FIZYKALNA LASERY KOMPUTERY



ACTA BIO – OPTICA NR 1-2/99 vol. 5
ET INFORMATICA MEDICA