

Maria Woldańska-Okońska
Jan Czernicki

WPŁYW IMPULSOWYCH PÓL MAGNETYCZNYCH STOSOWANYCH W MAGNETOTERAPII I MAGNETOSTYMULACJI NA WYDZIELANIE KORTYZOLU U LUDZI

THE INFLUENCE OF PULSATING MAGNETIC FIELDS USED IN MAGNETOTHERAPY AND MAGNETOSTIMULATION ON CORTISOL SECRETION IN HUMANS

¹ Z Oddziału Rehabilitacji

Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Sieradzu

Ordynator oddziału: dr med. M. Woldańska-Okońska

² Z Instytutu Nauk o Zdrowiu

Akademii Świętokrzyskiej, Filia w Piotrkowie Trybunalskim

Dyrektor Instytutu: prof. dr hab. med. J. Czernicki

STRESZCZENIE Celem pracy była ocena wpływu pola magnetycznego w magnetoterapii i magnetostymulacji stosowanej w sposób przewlekły (tak, jak ma to miejsce w terapii) na wydzielanie kortyzolu u ludzi.

Badaniem objęto dwie grupy pacjentów: 16 mężczyzn poddano magnetoterapii, 10 mężczyzn poddano magnetostymulacji. Magnetoterapię (Magnetronic MF-10) aplikowano na okolicę pasa biodrowego u chorych leczonych z powodu przewlekłych zespołów bólowych kręgosłupa przy parametrach pola – indukcji 2,9 μT , częstotliwości 40 Hz, fali prostokątnej. Magnetostymulację (Viofor JPS, program M2P2, z użyciem maty) stosowano u chorych leczonych z tego samego powodu. Parametry pola to indukcja 25–80 μT , częstotliwość 200 Hz, fala o kształcie iglicy ekspotencjalnej z fazą stałej indukcji w jednej trzeciej i dwóch trzecich wysokości. Obie grupy poddawano aplikacji pola 15 razy (około godziny dziesiątej przed południem) z przerwami na sobotę i niedzielę.

Krew do badań pobierano czterokrotnie w ciągu doby w godzinach: 6:00, 12:00, 16:00 oraz 24:00. Profil dobowy kortyzolu oznaczano mikrometodą chemiluminescencji (odczynniki firmy DPC Polska, cat. no. LKC01) przed aplikacją pola magnetycznego, w dzień po 15 aplikacjach oraz po miesiącu.

Magnetoterapia wpływa na wydzielanie kortyzolu w profilu dobowym poprzez obniżenie jego poziomu o godzinie 16:00 w dzień po aplikacji. Magnetostymulacja wpływa na wydzielanie kortyzolu w profilu dobowym poprzez podwyższenie jego poziomu o godzinie 12:00 w miesiąc po aplikacji, co może sugerować długotrwały jej wpływ na oś podwzgórzowo-przysadkową.

Krzywe dobowe wydzielania kortyzolu porównywane w dzień po ukończeniu magnetoterapii i magnetostymulacji różnią się prawie 100%. Wahania hormonów nie przekraczały fizjologicznych norm dobowego poziomu kortyzolu, nie osiągając poziomu tak wysokiego jak w wielkim stresie. Sugeruje to ich wpływ na regulację poziomu kortyzolu, niż na znaczną stresogenność. Med. Pr. 2003; 54 (1): 29–32

SŁOWA KLUCZOWE: kortyzol, impulsowe pola magnetyczne, magnetoterapia, magnetostymulacja

ABSTRACT The aim of our study was to test the influence of magnetic fields during magnetotherapy and magnetostimulation over a longer period of time (like in physiotherapy) on cortisol secretion in humans.

The study population was divided into two groups: magnetotherapy group (16 men) and magnetostimulation group (10 men). Magnetotherapy in the form of magnetic field induction (2.9 μT ; frequency – 40 Hz; square wave; bipolar; Magnetronic MF – 10 apparatus) was applied for 20 min to the lumbar area in patients with chronic low back pain. Magnetostimulation (Viofor JPS system; M2P2 program; induction – 25–80 μT ; frequency – 200 Hz, complex saw-like shape with a plateau halfway the height of the wave; bipolar) was applied every day for 12 min in patients with the same health problem. In both groups, the procedures were repeated 15 times (about 10:00 a.m.) with weekend breaks.

Serum samples were collected at 6:00, 12:00, 16:00 and 24:00 and estimated by the micromethod of chemiluminescence (DPC Poland; Cat. No. LKC01). The circadian profile of cortisol was determined prior to the application, a day and a month after application. The data were analyzed statistically, using paired and unpaired Student's test.

Magnetotherapy affects the cortisol secretion in the circadian profile by decreasing its level at 16:00 a day after 15 applications, whereas magnetostimulation by increasing its level at 12:00 a month after 15 applications, which may suggest its long-term effect on hypothalamic-pituitary axis.

The comparison of the results indicated that a day after magnetotherapy and magnetostimulation, the circadian curves of cortisol secretion differed significantly by about 100%. All hormone oscillations did not exceed the physiological norms of the circadian cortisol level, not reaching the level so high as in an intense stress. This suggests rather their controlling effect on the cortisol level than their significant stressogenic nature. Med. Pr. 2003; 54 (1): 29–32

KEY WORDS: cortisol, pulsating magnetic fields, magnetic fields, magnetotherapy, magnetostimulation

Otrzymano: 17.07.2002

Zatwierdzono: 6.01.2003

Adres i autora: Kochanowskiego 4, 98-200 Sieradz, e-mail: Marta.1102951@pharmanet.com.pl

WSTĘP

Pole magnetyczne działa na żywe organizmy poprzez kilka mechanizmów. Jeden z nich to indukowanie przez zmienne pole magnetyczne zmiennego napięcia, powodującego ruch jonów (efekt Halla) i indukcja prądów wirowych (1,2).

Wiele innych oddziaływań powodowanych jest przez mechanizmy rezonansowe.

Rezonans cyklotronowy – wpływa bezpośrednio na transport jonów przez błonę komórkową, a także na receptory błonowe (2).

Rezonans paramagnetyczny – oddziałuje na wiązania Ca^{++} w kalmoduleinie, która reguluje aktywność wielu enzymów (2).

Innym mechanizmem niezwiązanym z mechanizmami rezonansowymi jest wpływ opisywanych pól na elektronowe stany spinowe pary rodników, powstających w niektórych reakcjach chemicznych (2).

Efekty biologiczne słabych pól magnetycznych warunkowane są prawdopodobnie stosunkiem indukcji do częstotliwości, a nie samą indukcją (1).

W ostatnich latach naukowcy, zajmujący się biologicznym działaniem pól magnetycznych, sugerują, że pola elektromagnetyczne (a szczególnie magnetyczne) mogą być przyczyną różnych skutków zdrowotnych.

Obszary badawcze, w których prowadzone są obecnie dociekania naukowe związane z magnetobiologią, to: embriogeneza i teratogeneza, układ immunologiczny, funkcjonowanie centralnego układu nerwowego oraz wzrost i różnicowanie komórek, szczególnie w aspekcie karcynogenezy (2).

Różnorodność oddziaływań i mnogość mechanizmów oddziaływania stwarzają teoretycznie nieograniczone możliwości wpływu pól magnetycznych na materię żywą, w tym tak ważne funkcje, jak wydzielanie hormonów.

Hormonem regulującym wiele czynności organizmu jest kortyzol. W organizmie kortyzol odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu homeostazy. Wywiera między innymi działanie immunosupresyjne, przeciwzapalne i przeciwalergiczne, pobudza glikogenolizę i glukogenogenezę. Wiążąc się z receptorem mineralokortykoidowym nasila retencję sodu i wody, podwyższając ciśnienie tętnicze (3).

Dobowe wydzielanie kortyzolu w warunkach podstawowych waha się w granicach 10–20 mg. Poziom kortyzolu we krwi waha się w zależności od dobowego rytmu wydzielania w granicach 5–25 µg/dl, osiągając najwyższe poziomy w godzinach rannych, a następnie obniża się do najniższych w nocy (3). W sytuacjach stresowych wydzielanie to może wzrastać nawet dziesięciokrotnie (3).

Ze względu na to, że kortyzol wydzielany jest w organizmie w sytuacjach obciążających, w związku z tym zmiany jego poziomu po aplikacji pola magnetycznego mogą wskazywać na działanie tego pola jako stresora (4). Toteż celem pracy było zbadanie wpływu pola magnetycznego stosowanego w magnetoterapii i magnetostymulacji w sposób przewlekły (tak, jak ma to miejsce w fizjoterapii) na wydzielanie kortyzolu u ludzi.

MATERIAŁ I METODY

Badaniem objęto dwie grupy pacjentów (mężczyzn): 16 poddano magnetoterapii i 10 magnetostymulacji (w średnim wieku 46 lat), z powodu przewlekłych zespołów bólowych kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego. Były to osoby niecierpiące na choroby towarzyszące, nie otrzymywały żadnych leków, w tym również przeciwbólowych. Natomiast stosowano w obu grupach standardową kinezyterapię, polegającą na wykonywaniu przez pacjentów tego samego zestawu ćwiczeń oraz na stosowaniu wyciągów lędźwiowych.

Magnetoterapię (Magnetronic MF-10, firmy Electronic, aplikator w kształcie cewki) stosowano na okolicę pasa biodrowego u chorych leczonych, przy parametrach pola – indukcja 2,9 mT, częstotliwość 40 Hz, kształt impulsu prostokątny, w serii 15 zabiegów po 20 minut (z przerwami na sobotę i niedzielę).

Magnetostymulację (system Viofor JPS, firmy Med.&Life, program M.2P2 – 12 minut jeden zabieg, z użyciem aplikato-

ra w postaci maty) stosowano u chorych leczonych z tego samego powodu. Parametry pola to indukcja 25–80 µT, częstotliwość 200 Hz, fala o kształcie iglicy eksponentialnej z fazami stałej indukcji w jednej trzeciej i dwóch trzecich wysokości. Pole aplikowano 15 razy (około godziny dziesiątej przed południem) raz dziennie, z przerwami na sobotę i niedzielę.

Krew do badań pobierano czterokrotnie w ciągu doby w godzinach: 6:00, 12:00, 16:00 oraz 24:00. Poziom kortyzolu w surowicy oznaczano mikrometodą (100 µl) chemiluminescencji (odczynniki firmy DPC Polska, Spółka z o.o., cat. no. LKC01). Wyniki podano w µg/dl. Profil dobowy kortyzolu oznaczano przed aplikacją pola magnetycznego, w dzień po 15 aplikacjach oraz po miesiącu od zakończenia aplikacji.

Do analizy statystycznej danych zastosowano test T Studenta dla prób powiązanych i niepowiązanych.

WYNIKI

Wyniki podano w tabelach I, II i III. W trakcie magnetoterapii uzyskano istotną statystycznie różnicę poziomami kortyzolu w cyklu dobowym (o godzinie 16:00) przed rozpoczęciem zabiegów magnetoterapii i po 15 aplikacjach pola magnetycznego – tabela I.

Po magnetostymulacji uzyskano statystycznie istotną różnicę poziomami kortyzolu w cyklu dobowym o godzinie 12:00 po ukończeniu zabiegów i po miesiącu od ostatniej aplikacji – tabela II.

Co więcej, w badaniach stwierdzono istotną różnicę pomiędzy poziomem kortyzolu o godzinie 16:00 po ukończeniu zabiegów u chorych poddanych magnetoterapii i magnetostymulacji – tabela III.

OMÓWIENIE

Dane z piśmiennictwa wskazują na niewielki (statystycznie nieistotny) wpływ pola magnetycznego stosowanego w przezczaszkowej stymulacji magnetycznej (50 Hz, $B \approx 0,01$ T) na poziom kortyzolu w surowicy ludzi we wczesnej reakcji – godzina po zabiegu (4).

U zwierząt doświadczalnych ostra reakcja na bodziec fizyczny wykazywała znamienne podwyższenie poziomu kortyzolu, natomiast po kilku dobach aplikacji dochodziło do obniżenia poziomu tego hormonu w surowicy. Powyższą obserwację autorzy tłumaczą wyczerpaniem układu przysadka-nadnercza w przypadku ekspozycji przewlekłej (1).

Natomiast przewlekły wpływ pola magnetycznego (emitowanego w sposób ciągły w fazie embrionalnej i poembrionalnej) na zarodki kurze i młode kurczęta charakteryzował się wysoką śmiertelnością zarodków (68%) oraz znacząco niskim poziomem kortyzolu u wylęgłych kurcząt (5).

Zekka i wsp. (6) obserwowali wzrost poziomu hormonów nadnerczowych w ośrodkowym układzie nerwowym wraz ze wzrostem endorfin (w płatach czołowym, ciemieniowym i hipokampie) u szczurów ekspozowanych w polu magnetycznym 50 Hz, 100 µT. Autorzy wysuwają hipotezę o wpływie pól elektromagnetycznych na funkcję mózgu.

Tabela I. Dobowy rytm wydzielania kortyzolu u pacjentów przed magnetoterapią oraz w dzień po zakończeniu zabiegów i miesiąc po aplikacji pola magnetycznego

Table I. The circadian rhythm of cortisol secretion in patients prior to magnetotherapy, a day after all applications and a month after all application of magnetic field

Wydzielanie kortyzolu Cortisol secretion µg/dl	Godzina Hour 6:00	Godzina Hour 12:00	Godzina Hour 16:00	Godzina Hour 24:00
Przed aplikacją pola magnetycznego Prior to magnetic field application n = 16	16,86 ± 5,23	13,07 ± 5,54	9,65 ± 2,94	3,13 ± 2,75
Dzień po zakończeniu zabiegów A day after all applications n = 16	16,71 ± 6,05	13,08 ± 4,80	6,26 ± 2,99*	4,47 ± 5,07
Miesiąc po aplikacji pola magnetycznego A month after all applications n = 15	18,40 ± 4,16	12,36 ± 4,47	7,75 ± 3,43	4,76 ± 5,20

* Różnica istotna statystycznie ($p < 0,05$) pomiędzy poziomem kortyzolu o godz. 16:00, przed aplikacją i w dzień po aplikacji pola magnetycznego.

* Statistically significant difference ($p < 0.05$) between cortisol level at 16:00, prior to application and a day after all applications in patients undergoing magnetotherapy.

Tabela II. Dobowy rytm wydzielania kortyzolu u pacjentów przed magnetostymulacją oraz w dzień po zakończeniu zabiegów i miesiąc po aplikacji pola magnetycznego

Table II. The circadian rhythm of cortisol secretion in patients prior to magnetostimulation, a day after all applications and a month after application magnetic field (Viofor JPS system)

Wydzielanie kortyzolu Cortisol secretion µg/dl	Godzina Hour 6:00	Godzina Hour 12:00	Godzina Hour 16:00	Godzina Hour 24:00
Przed aplikacją pola magnetycznego Prior to magnetic field application n = 10	17,88 ± 6,53	12,81 ± 4,75	8,36 ± 2,17	3,23 ± 2,55
Dzień po zakończeniu zabiegów A day after all applications n = 10	16,19 ± 5,53	12,72 ± 3,12	12,09 ± 5,98	4,00 ± 2,37
Miesiąc po aplikacji pola magnetycznego A month after all applications n = 7	20,89 ± 4,07	15,39 ± 4,72*	8,11 ± 3,56	4,47 ± 2,07

* Różnica istotna statystycznie ($p < 0,05$) pomiędzy poziomem kortyzolu o godz. 12:00 dzień po aplikacji i miesiąc po aplikacji pola magnetycznego.

* Statistically significant difference ($p < 0.05$) between cortisol level at 12:00 a day and a month after application of magnetic field.

Bonhomme-Faivre i wsp. (7) stwierdzili neutropenię u myszy, eksponowanych w polu magnetycznym o indukcji 5 µT przez 350 dni, wraz ze spadkiem poziomu kortyzolu w 190 dniu badania.

Wpływ pól magnetycznych na wydzielanie hormonów u człowieka (w tym kortyzolu) sugeruje także Śliwińska-Kowalska (8).

Inni autorzy stwierdzili (9), że u ludzi poddanych działaniu pola magnetycznego wysokiej częstotliwości występuje nieznaczne podwyższenie poziomu tego hormonu po ostrej ekspozycji, natomiast w ekspozycji ciągłej (24 godziny) nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w wydzielaniu kortyzolu.

Natomiast Selmanoui i wsp. (10) na podstawie badań własnych i cytowanych wyników sugerują brak oddziaływania pola magnetycznego (50 Hz), jako czynnika stresogennego.

Z przytoczonych powyżej przesłanek trudno o jednoznaczny interpretację wyników prezentowanych w badaniu

danych. Z przedstawionych obserwacji wynika, że magnetoterapia wpływała (istotnie statystycznie) na obniżenie kortyzolu w dzień po zakończeniu aplikacji, choć różnica poziomów hormonu była niewielka. Jednocześnie magnetostymulacja powodowała statystycznie istotne podwyższenie poziomu kortyzolu w miesiąc po ukończeniu zabiegów.

Interesujący jest fakt, że krzywe dobowe wydzielania kortyzolu porównywane w dzień po ukończeniu magnetoterapii i magnetostymulacji różnią się znacząco o prawie 100%. Należy zaznaczyć, że wszystkie wahania hormonów nie przekraczały fizjologicznych norm dobowego poziomu kortyzolu, nie osiągając poziomu tak wysokiego jak w wielkim stresie.

Również dane z piśmiennictwa dotyczące badań eksperymentalnych i obserwacji, w których występują różne parametry pól magnetycznych działające na organizmy ludzi i zwierząt są nieporównywalne ze względu na efekty biologiczne jakie powodują (10,11,12). Wynika to prawdopodobnie z różnych warunków ekspozycji, np. różne-

Tabela III. Porównanie profili dobowych wydzielania kortyzolu w dzień po zastosowaniu magnetoterapii i magnetostymulacji
Table III. Comparison of cortisol secretion profiles after application of magnetotherapy and magnetostimulation

Wydzielanie kortyzolu Cortisol secretion µg/dl	Godzina Hour 6:00	Godzina Hour 12:00	Godzina Hour 16:00	Godzina Hour 24:00
Magnetoterapia Magnetotherapy n = 16	16,71 ± 6,05	13,08 ± 4,80	6,26 ± 2,99	4,47 ± 5,07
Magnetostymulacja Magnetostimulation n = 10	16,19 ± 5,53	12,72 ± 3,12	12,09 ± 5,98*	4,00 ± 2,37

* Różnica istotna statystycznie ($p < 0,05$) pomiędzy poziomem kortyzolu u pacjentów poddanych magnetoterapii i magnetostymulacji o godzinie 16:00 w dzień po zastosowaniu magnetoterapii i magnetostymulacji.

* Statistically significant difference ($p < 0.05$) between cortisol level at 16:00 in patients undergoing magnetotherapy and magnetostimulation a day after all applications.

go jej czasu, indukcji, częstotliwości fali, czy kształt impulsu.

Można pokusić się jedynie o stwierdzenie, że pola magnetyczne stosowane w fizykoterapii powodują pewne zmiany w dobowym rytmie wydzielania kortyzolu, przy czym ich działanie jest odmienne w przypadku magnetoterapii i magnetostymulacji.

Jest faktem empirycznym, że pola magnetyczne stosowane w fizykoterapii mają regulujący wpływ na ciśnienie krwi, w którym to zjawisku udział biorą mechanizmy wazodylatacyjne (13). Zależą one w dużym stopniu od regulacji poprzez hormony kory nadnerczy, toteż dalsze badania tego mechanizmu oraz udziału hormonów kory nadnerczy w regulacji homeostazy po aplikacji pól magnetycznych wymaga dalszych badań.

WNIOSKI

1. Magnetoterapia wpływa na profil dobowy wydzielania kortyzolu, obniżając jego poziom o godzinie 16:00 w dzień po aplikacji.

2. Magnetostymulacja wpływa na profil dobowy wydzielania kortyzolu, podwyższając jego poziom o godzinie 12:00 w miesiąc po aplikacji, co może sugerować długotrwały jej wpływ na oś podwzgórzowo-przysadkową.

3. Krzywe dobowe wydzielania kortyzolu porównywane w dzień po ukończeniu magnetoterapii i magnetostymulacji różnią się znacząco o prawie 100% o godz. 16:00.

4. Wszystkie wahania hormonów nie przekraczały fizjologicznych norm dobowego poziomu kortyzolu, nie osiągając poziomu tak wysokiego, jak w wielkim stresie, co sugeruje raczej na ich wpływ regulujący poziom kortyzolu, niż na znaczną stresogenność.

PIŚMIENNICTWO

1. Sieroń A. [red.]: Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. Wyd. 2. Wydawnictwo α -Medica Press, Bielsko-Biała 2002.
 2. Zmysłony M., Jajte J.M.: Udział wolnych rodników w mechanizmie biologicznego działania słabych stałych i sieciowych pól magnetycznych. Med. Pr. 1998; 49 (2): 177-186.

3. Pawlikowski M. [red.]: Leczenie hormonami i pochodnymi hormonów. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1996, ss. 101-103.
 4. Zyss T., Witkowska B.: Ocena neurofizjologiczna i biochemiczna mózgowia poddawanego przezczaszkowej stymulacji magnetycznej. Neur. Neurochir. Pol. 1996; 30 (3): 339-408.
 5. Youbicier-Simo B.J., Boudard F., Cabaner C., Bastide M.: Biological effects of continuous exposure of embryos and young chickens to electromagnetic fields emitted by video display units. Bioelectromagnetics 1997; 18 (7): 514-523.
 6. Zekka L., Mantegazza C., Margonato V., Cerretelli P., Caniatti M., Piva F. i wsp.: Biological effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats: III. 50 Hz electromagnetic fields. Bioelectromagnetics 1998; 19 (1): 57-66.
 7. Bonhomme-Faivre L., Mace A., Bezie Y., Marion S., Bindoula G., Szekely A.M. i wsp.: Alterations of biological parameters in mice chronically exposed to low frequency (50 Hz) electromagnetic fields. Life Sci. 1998; 62 (14): 1271-1280.
 8. Śliwińska-Kowalska M.: Ekspozycja środowiskowa pola elektromagnetyczne a ryzyko rozwoju chorób nowotworowych. Med. Pr. 1999; 50 (6): 581-591.
 9. Mann K., Wagner P., Brunn G., Hassan F., Hiemke C., Roschke J.: Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. Neuroendocrinology 1998; 67 (2): 139-144.
 10. Selmaoui B., Lambrozo J., Touitou Y.: Endocrine functions in young men exposed for one night to a 50-Hz magnetic field. A circadian study of pituitary, thyroid and adrenocortical hormones. Life Sci. 1997; 61 (5): 473-486.
 11. De Bruyn L., De Jagier L.: Electric field exposure and evidence of stress in mice. Environ. Res. 1994; 65 (1): 149-160.
 12. O'Connor R.P., Persinger M.A.: Increases in magnetic activity are associated with increases in thyroxin levels in a single patient: implication for melatonin levels. Int. J. Neurosci. 1996; 88 (3-4): 243-247.
 13. Miecznik A., Czernicki J., Krukowska J.: Wpływ pola magnetycznego o różnej charakterystyce fizycznej na ciśnienie tętnicze krwi u chorych z zespołami bólowymi kręgosłupa i współistniejącą chorobą nadciśnieniową. Acta Bio-Optica Infor. Med. 2001; 7 (1-2): 9-13.