

## Skutki biologiczne oddziaływania pól (elektro)magnetycznych niskiej częstotliwości wywierane poprzez ich wpływ na wydzielanie hormonów

Biological effects produced by the influence of low frequency (electro)magnetic fields on hormone secretion

<sup>1</sup>Oddział Rehabilitacji Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Sieradzu;  
Ordynator:  
Dr med. *Marta Woldańska-Okońska*

<sup>2</sup>Instytut Nauk o Zdrowiu Akademii Świętokrzyskiej, Filii w Piotrkowie Trybunalskim  
Dyrektor: Prof. dr hab. med. *Jan Czernicki*

**Dodatkowe słowa kluczowe:**  
pola magnetyczne  
hormony  
efekt biologiczny

**Additional key words:**  
magnetic fields  
hormones  
biological effect

Artykuł omawia rolę pól magnetycznych w wydzielaniu hormonów u ludzi i zwierząt. Najlepiej poznanym hormonem, którego wydzielanie może być zaburzone przez aplikację pola magnetycznego, jest melatonina. Poziom serotoniny reaguje pozytywnie na obecność pól magnetycznych – pod ich wpływem ulega podwyższeniu. Nie do końca wyjaśnione są zależności w zakresie oddziaływania pól magnetycznych na inne hormony. Wskazane jest kontynuowanie prac doświadczalnych i epidemiologicznych prowadzących do ustalenia rzeczywistego oddziaływania pól magnetycznych na organizmy żywe (w tym na sekrecję hormonów) i ujednoczenia norm ekspozycji w celu diagnostycznego i leczniczego ich zastosowania.

The article discusses the role of (electro)magnetic fields in hormone secretion in humans and animals. The best known hormone whose secretion may be disturbed by magnetic field is melatonin. The level of serotonin positively reacts to the presence of magnetic field in the environment – its level is raised. The effect of magnetic fields on other hormones has not as yet been described. It seems necessary to continue experimental and epidemiological research on living organisms (their hormone secretion) to standardise the norms of exposure with the aim of diagnostic and therapeutic application.

Przekazywanie informacji w organizmach żywych pomiędzy ich komórkami, w tym m.in. neurocytami koordynującymi wszelkie działania materii żywej, odbywa się za pomocą kanałów jonowych. Są to białka transmembranowe przewodzące sygnały elektryczne za pomocą prądów jonowych występujących po zadziałaniu bodźca progowego [31].

Można zatem rzec, że wszystkie procesy życiowe zachodzące w nas samych nie byłyby możliwe bez zjawiska przewodzenia potencjałów czynnościowych z jednej komórki na drugą, a także w obrębie samej komórki.

W chwili obecnej wiadomo, iż niektóre przypadki modulacji kanałów jonowych prowadzić mogą do powstania chorób takich jak mukowiscydoza czy miastenia gravis [31]. Znany jest również fakt, że każde zmieniające się w czasie pole magnetyczne indukuje w elektrolitycznych strukturach organizmu zmienne napięcie powodujące ruch jonów [55], stąd przypuszczalny wpływ tych pól na kanały jonowe.

Z drugiej strony działanie pól magnetycznych na materię żywą tłumaczyć można poprzez mechanizmy rezonansowe [76]. Rezonans cyklotronowy jest odpowiedzialny za transport jonów przez błonę komór-

kową oraz działanie pola na receptory błonowe. Rezonans paramagnetyczny oddziałuje na wiązania Ca<sup>2+</sup> w kalmodulinie, regulującej aktywność wielu enzymów. Magnetyczny rezonans jądrowy, który znalazł szerokie zastosowanie w chemii i medycynie wywiera również wpływ na zmiany w poziomie dielektroforez i przenikalności dielektrycznej. Wreszcie precesja orbit jonowych tłumaczy działanie pól magnetycznych na jony słabo związane z molekułą.

Pole magnetyczne może również oddziaływać poprzez wpływ na nieskompensowane spiny elektronowe wolnych rodników oraz efekty piezoelektryczne występujące w tkance kostnej [11,61]. Efektem w/w mechanizmów będzie m.in.: zwiększenie ogólnego transportu przez błony, zwiększenie absorpcji białek, stymulacja tworzenia prostaglandyny E, stymulacja działania cykazy adenylowej, zwiększenie zawartości DNA w komórce, wpływ na rytm mózgowy i stany behawioralne oraz osłabienie komórkowej odpowiedzi immunologicznej [9].

Wykazano dotychczas, że rodzajów reakcji żywych organizmów na różnych poziomach, w tym molekularnych, tkankowych, układowych i ogólnoustrojowych, jest nieskończenie wiele – tym bardziej, że wpływ na funkcje biologiczne zaznacza się w za-

Adres do korespondencji:  
Dr Marta Woldańska-Okońska  
98-200 Sieradz, ul. Kochanowskiego 4  
Tel./Fax: (+43) 827 50 58  
(+43) 827 84 36



kresie różnych częstotliwości: od bardzo niskich, poprzez mikrofałe i fale radiowe do promieniowania optycznego. Co więcej wiadomo już, że pole elektromagnetyczne o niskim działaniu termicznym wywiera silny wpływ na funkcje organizmu poprzez istnienie tzw. okien biologicznych, czyli zakresów zwiększonej, specyficznej dla danego układu podatności biologicznej na działanie egzogenego pola elektromagnetycznego [9].

Poznane właściwości pól magnetycznych umożliwiły zastosowanie ich w fizjoterapii w oparciu o działanie przeciwwzpalne, przeciwbólowe, wazodylatacyjne i uspokajające oraz przyspieszenie sanacji ran i złamań kości [55,61].

Sztuczne pola elektromagnetyczne występują jednak najczęściej w postaci elektromagnetycznego, jako efekt cywilizacyjnej działalności człowieka i stwarzają tym samym zagrożenie dla istot żywych. O zakresie i randze tego problemu wiele już napisano, ale jeszcze więcej faktów dotyczących potencjalnej szkodliwości wszechobecnych pól elektromagnetycznych pozostaje nieznanych [8,33].

Sieciowe pola (elektro)magnetyczne są zbyt słabe, aby bezpośrednio wpływać na funkcje komórek. Niemniej jednak muszą istnieć pewne struktury rozpoznające i wzmacniające te bodźce w ich wnętrzu, gdyż wpływają na czynność receptorów, zmieniając odpowiedź komórkową na bodźce chemiczne, oddziałując także na syntezę RNA i białek [63]. Na podstawie badań na ludziach i zwierzętach sugeruje się również wpływ pól (elektro)magnetycznych na syntezę i wydzielanie niektórych hormonów, w tym melatoniny.

### Melatonina

Melatonina – hormon odkryty i wyizolowany stosunkowo niedawno, bo w 1958 przez *Lemera* i wsp., został w krótkim czasie dość dobrze poznany, szczególnie w aspekcie zmian jego wydzielania uwarunkowanych wpływem światła i promieniowania (elektro)magnetycznego [16,19].

Melatonina wydzielana przez szyszynkę w rytmie dobowym nie jest magazynowana w jej wnętrzu, a poziom tego hormonu we krwi odpowiada stopniowi jej wydzielania. Szczyt wydzielania melatoniny przypada na godziny nocne – pomiędzy 24.00 a 3.00, a jej najniższy poziom na godziny południowe [18].

Rytm wydzielania melatoniny zmienia się wraz z wiekiem, wysoki jest bowiem w okresie dziecięcym, w czasie pokwitania obniża się, by do około 45 roku życia utrzymywać się na stałym poziomie. Następnie systematycznie jej poziom obniża się do bardzo niskich wartości w wieku podeszłym. Wahania występują również w rytmie półrocznym – szczyt wydzielania melatoniny przypada na grudzień i maj, najniższe zaś wartości osiąga w sierpniu [54,57]. Wraz z wiekiem dochodzi również do przesunięcia nocnego szczytu wydzielania tego hormonu, co w szczególności nasilonej postaci występuje w chorobie *Alzheimer*, pośrednio dowodząc udziału melatoniny w procesach starzenia [17,54,57].

Hormon ten wywiera swe działanie poprzez receptory błonowe, które są specy-

ficzne – ML 1 i ML 2. Aktywacja tych receptorów hamuje cyklazę adenylową. Melatonina może również łączyć się wewnątrzkomórkowo z miejscami wiążącymi, jak to ma miejsce w układzie kalmodulina – wapń [53].

Najważniejszą funkcją szyszynki jest regulowanie rytmów biologicznych: dobowych, sezonowych, cykli rozrodczych i wreszcie poszczególnych faz życia ludzi i zwierząt. Uważa się, że proces starzenia jest związany ze stałym obniżaniem się nocnego poziomu melatoniny wraz z wiekiem. Hormon ten ze względu na swój charakter antygonadotropowy opóźniać może dojrzewanie płciowe, działanie to wykorzystano także w produkcji pigulek antykoncepcyjnych [19,25,54].

Wpływ melatoniny przejawia się na wielu poziomach biosterowania. W swych właściwościach przeciwnowotworowych (związanych z odpowiedzią immunologiczną) działa za pomocą rozmaitych mechanizmów – poprzez wpływ na oś podwzgórzowo-przysadkową, w tym regulację poziomu hormonu wzrostu (GH), endorfin i enkefalin, wpływ melatoniny na ekspresję genu dla prekursora ACTH, wydzielanie sterydów gonadokorynych i nadnerczowych, wpływ na odpowiedź komórkową (cytokiny) układu immunologicznego, zmiatacza wolnych rodników, a także swój bezpośredni wpływ na rozwój nowotworu poprzez działanie na receptory komórek wrażliwych [10,14,16,54].

Główny hormon szyszynki powoduje w stężeniu do 400 mikrogramów/ml inhibicję proliferacji fibrocytów ze skóry osób zdrowych oraz dotkniętych sklerodermią (*systemic sclerosis* – SSc). Co ciekawsze, hormon ten w stężeniu 6 µg/ml wywiera efekt stymulujący w obserwowanych liniach komórek [5,74]. Uważa się, że melatonina jest czynnikiem prozapalnym w infekcyjnym zapaleniu stawów, niemniej jednak zmniejsza intensywność objawów w reumatoidalnym zapaleniu stawów. Niskim stężeniem melatoniny przypisuje się nasilone włóknienie tkanek w fibromyalgii i kolagenozach [73].

Bezpośredni wpływ melatoniny na oś podwzgórze-przysadka-kora nadnerczy nie został całkowicie udowodniony. Niemniej jednak wydaje się, że poziom hormonów, które wydzielane są w cyklu dobowym pozostaje w pewnym związku z rytmem wydzielania melatoniny. Dotyczy to kortykoliberyny, kortykotropiny i kortyzolu [57].

Melatonina ma swój udział w regulacji wydzielania prolaktyny i hormonu wzrostu [19].

Nie stwierdzono zmian w dobowym rytmie wydzielania melatoniny u kobiet z hipotyreozą, natomiast stwierdzono, że stężenie tego hormonu jest wprost proporcjonalne do stężenia TSH u chorych z niedoczynnością tarczycy oraz odwrotnie proporcjonalne do stężenia trijodotyroniny u pacjentek z nadczynnością tarczycy. Podwyższone stężenia melatoniny występują u chorych z nadczynnością przysadki [57].

Przeciwbólowe działanie melatoniny tłumaczone jest poprzez wpływ na system opioidowy organizmu [7,15,54,68].

W tzw. wielkiej depresji dochodzi do spadku amplitudy nocnego wzrostu stężenia melatoniny [64] oraz przyspieszenia fazy dobowego rytmu wydzielania melatoniny.

SAD (*seasonal affective disease*) – sezonowa choroba afektywna charakteryzuje się opóźnieniem fazy dobowego rytmu wydzielania hormonu szyszynki w miesiącach jesienno-zimowych, co powoduje depresję oraz przyspieszenie fazy z krótszym szczytem nocnym w okresie wiosenno-letnim. Kontrowersyjne są doniesienia na temat zmian stężenia melatoniny u pacjentów w okresie remisji chorób afektywnych. Natomiast stężenie melatoniny u chorych ze schizofrenią jest niższe niż u zdrowych osób, lecz wyższe niż u pacjentów z depresją [16,58].

Niewiele publikacji opisuje zaburzenia wydzielania melatoniny u osób z zaburzeniami snu, niemniej jednak podejmuje się leczenie tych zaburzeń stosując ten hormon. Szczególnie korzystne efekty występują u pilotów odrzutowców międzykontynentalnych (w tzw. *jet lag*). Melatoninę stosuje się również w celu uzyskania fizjologicznego snu, szczególnie u niewidomych i pracujących w systemie zmianowym [19]. Jak wiadać z powyższego opisu działania melatoniny jest to „superhormon” o nadrzędnej roli w utrzymaniu homeostazy organizmu ludzkiego [40].

Wiadomo ogólnie, że wiele zjawisk i procesów występujących u zwierząt laboratoryjnych nie znajduje odbicia w fizjologii i patologii człowieka. Pola magnetyczne działając nieliniowo (efekt progowy) mogą ingerować w biokomunikację i sterowanie procesami fizjologicznymi [9]. Pod wpływem ich działania dochodzi do zaburzenia nocnego wydzielania melatoniny u ssaków [2,40,42,43,52,66,71].

Natomiast doniesienia co do zmian w nocnym wydzielaniu melatoniny u ludzi są dyskusyjne i sprzeczne. *Burch J.B.* i wsp. [4] obserwowali wydzielanie 6-hydroxymelatoniny z moczem u pracowników elektrowni. Badanie to wykazało, że oddziaływanie pola magnetycznego aplikowanego w stałych ramach czasowych powodowało obniżenie ilości wydalanego metabolitu tego hormonu, co oznacza również jego mniejszą produkcję w szyszynce. Podobne zjawisko opisują *Karasek M.* i wsp. [18], *Pflugger D.H.* i *Minder C.E.* [37], *Reiter R.J.* [41], *Rogers W.R.* i wsp. [42], *Mann K.* i wsp. [27], *Graham* i wsp. [12], *Selmaoui* i wsp. [52] nie obserwowali zaburzenia nocnego wydzielania melatoniny u ludzi. We wszystkich wyżej opisywanych eksperymentach warunki ekspozycji były odmienne to znaczy, że długość czasu ekspozycji, jego pora w ciągu doby, parametry pola magnetycznego różniły się między sobą.

Natomiast doświadczenia *Karaska* i wsp. [18,20,21] wykazały, że raczej parametry pola magnetycznego (stosowane w magnetoterapii i magnetostymulacji) mają decydujące znaczenie dla obniżenia nocnego szczytu wydzielania melatoniny, a nie czas jego zastosowania. W tym wypadku odniosło skutek pole magnetoterapeutyczne o większej indukcji a niższej częstotliwości.

Pole to obniżało poziom wydzielanego hormonu po przewlekłej aplikacji stosowanej, zarówno godzinach rannych, jak również późnym popołudniem u wszystkich mężczyzn poddanych leczeniu.



Podobny efekt uzyskali *Wilson B.W.* i wsp. [68] u ochotników używających w nocy koców elektrycznych z różną mocą pola elektromagnetycznego – koce „silniejsze” o 50% spowodowały znaczące zmiany w wydzielaniu siarczanu 6-hydroxymelatoniny w moczu u 7 z 28 badanych. Początkowo było to obniżenie ekskrecji w trakcie ekspozycji, a potem jej wyraźny wzrost. Nie wszyscy badani okazali się wrażliwi na działanie pola elektromagnetycznego.

*Wood A.W.* i wsp. [70] wnioskuje, że pole magnetyczne o indukcji 20  $\mu$ T i częstotliwości 50 Hz ma wpływ na ok. 20% wrażliwych ochotników, przy czym wyraźniejsze zmiany powodują fale prostokątne niż sinusoidalne obniżając maksymalny poziom wydzielania melatoniny.

Badania przeprowadzone przez *Yellon'a S.M.* [71] na chomikach syryjskich mogą sugerować pewną adaptację do ekspozycji pola magnetycznego lub zmianę reaktywności organizmów zwierząt doświadczalnych po upływie dość znacznego dla nich czasu (6 miesięcy).

Z wyżej przedstawionych danych eksperymentalnych wynika bezpośrednio, że pola (elektro)magnetyczne mogą zakłócać fizjologiczny model wydzielania melatoniny. Pośrednio za taką możliwością oddziaływania tych pól przemawiają cytowane w piśmiennictwie fakty kazuistyczne. Znanych jest wiele prac *Sandyka R.* [48,49,50] dotyczących leczenia stwardnienia rozsianego niskimi dawkami pola magnetycznego rzędu pikotesli. Pole magnetyczne osłabia zachowania samobójcze u pacjentów leczonych z powodu wystąpienia tej choroby poprzez resynchronizację dobowego wydzielania melatoniny [49]. Podobnym mechanizmem działania tłumaczy *Sandyk R.* [48] zmniejszenie łaknienia węglowodanów oraz osłabienie efektu ziewania wywołanego kestarsyną [47]. Natomiast pole magnetyczne obecne w placówkach produkujących energię elektryczną nasila skłonności samobójcze pracowników [65].

Dane kazuistyczne sugerują również, że zmiany pola magnetycznego ziemi wpływają na nasilenie bólów wieńcowych [29, 38], korelację z zespołem nagłej śmierci u niemowląt (*sudden infant death* – SID) [35], a także niespodziewane zgony u chorych na epilepsję, co *Persinger M.A.* i *Psych C.* [36] wiąże z przeciwdrgawkowym działaniem tego hormonu.

Przed wszystkim jednak upatruje się promującego wpływu pól elektromagnetycznych na karcinogenezę ze względu na ich negatywny wpływ na wydzielanie melatoniny [33,63]. Inaktywacja receptorów melatoninowych może zaburzać funkcje hormonalne i immunologiczne, włączając w to uwalnianie gonadotropin z podwzgórza i wpływ 5-lipooksygenazy na limfocyty B [1]. Podobne poglądy dopuszczają *Brainard G.C.* i wsp. [3], *Harland J.D.*, *Lidbury R.P.* [13], *Reiter R.J.* [42], *Ronco A.L.*, *Halberg F.* [44], *Salvatore J.R.* i wsp. [45], *Sandyk R.* [46], *Stevens R.G.* [59], *Stevens R.G.*, *Davis S.* [60].

Zaburzony rytm wydzielania melatoniny może przyspieszać procesy starzenia się organizmów ludzi i zwierząt [17,54], a tak-

że nasilenie dolegliwości bólowych w chorobach narządu ruchu i nowotworowych [69, 75].

Jak wiądać z podanych wyżej doniesień rola pola (elektro)magnetycznego w wydzielaniu melatoniny nie jest w wystarczającym stopniu określona i z całą pewnością wymaga dalszych dociekań naukowych.

Równie tajemniczym hormonem, związanym z melatoniną poprzez przemianę biochemiczną, jest serotonina.

### Serotonina

Różnorodność receptorów serotoniny sprawia, że jej rola w organizmie człowieka jest trudna do ustalenia, przy czym wyniki badań mogą wydawać się sprzeczne. Podanie serotoniny do różnych struktur tego samego układu może wywołać jej odmienne działanie [73].

5-hydroksytryptamina, 5-HT, prekursor serotoniny występuje u człowieka w komórkach przewodu pokarmowego, w płytkach krwi oraz w mózgowiu. Neurotransmitter ten powstający z tryptofanu jest metalizowany dwoma szlakami przemian biochemicznych. Na jednej drodze powstają metabolity: kwas 5-hydroksyindolooctowy (5-HIAA) lub alkohol (5-hydroksytryptofol), a na drugiej melatonina.

Od blisko trzydziestu lat rozważana jest hipoteza permissywna opisująca sytuację, w której spadek poziomu serotoniny w synapsie powoduje depresję poprzez „pozwolenie” na spadek poziomu noradrenaliny. W płynie mózgowo-rdzeniowym chorych na depresję stwierdzano obniżony poziom metabolitów serotoniny, co również oznacza jej obniżony poziom w mózgu. U osób, które popełniły samobójstwo stwierdzano również obniżoną ilość komórek serotoninoergicznych i zwiększoną liczbę receptorów dla tego neuroprzebieżnika [32].

Poza depresją, zaburzenia układu serotoninoergicznego występują w anoreksji, bulimii, schizofrenii a także w nerwicy natręctw. U chorych na schizofrenię zaobserwowano zmieniony rytm dobowy serotoniny z tendencją do zwiększonej amplitudy jej stężeń. Obniżenie funkcji układu serotoninoergicznego występuje u osób z nerwicą natręctw, a także u narkomanów [73].

Serotonina wpływa na sekrecję wielu hormonów. U osobników męskich i żeńskich szczyrów stymuluje wydzielanie prolaktyny (PRL), luteotropiny (LH), follikulotropiny (FSH), hamuje sekrecję progesteronu, zwiększa transkrypcję hormonu uwalniającego korykotropiny (CRF – *corticotropin releasing factor*), co zwiększa wydzielanie ACTH kortyzolu i kortykosteronu. Duże dawki serotoniny stymulują uwalnianie oksytocyny. U ludzi zdrowych pod wpływem serotoniny zwiększa się stężenie hormonu wzrostu, opisane zjawisko nie występuje u chorych na akromegalię [73].

U chorych z zespołem fibromyalgii system zaopatrzenia w serotoninę jest uszkodzony, obecna jest także większa ilość przeciwciał antyserotoninowych, co może również wpływać na występowanie niedoboru melatoniny w tym zespole [67].

Serotonina zwiększa wydzielanie kwasu żołądkowego, bierze udział w rozwoju erytrocytów, granulocytów i trombocytów,

wydziela się w znacznych ilościach w stanach stresu, biorąc udział w rozwoju miażdżycy, a także może wpływać na rozwój makroangiopatii cukrzycowej.

Nie wymieniono wszystkich możliwych ingerencji serotoniny w działanie organizmów ludzi i zwierząt, niemniej jednak wszechobecność tego hormonu może w znacznym stopniu wpływać na efekty wynikające ze zmian jego poziomu pod wpływem pola magnetycznego u zdrowych i chorych.

Pośrednio o wzroście poziomu serotoniny w szyszynce pod wpływem pola magnetycznego można wnioskować z pracy *Welkera H.A.* i wsp. [66], w eksperymencie tym zmniejsza się nocny poziom N-acetylotransferazy (NAT) melatoniny, co pozwala przypuszczać, że zasoby nie przetworzonej serotoniny zostały zwiększone. Natomiast *Reiter R.J.* [39] donosi o podwyższonym poziomie serotoniny w szyszynkach gryzoni po ekspozycji na sztuczne pole magnetyczne, a także o podobnym zjawisku występującym u zwierząt pod wpływem pola geomagnetycznego, przy obniżonym poziomie NAT.

*Lerchl A.* i wsp. [26] zaobserwowali w doświadczeniu na szczurach gwałtowny wzrost poziomu serotoniny natychmiast po ekspozycji w polu magnetycznym, podczas gdy poziom NAT oraz melatoniny nie uległ obniżeniu. Świadczy to o innym mechanizmie reakcji na to pole, gdyż wydaje się, że wzrosła w krótkim czasie synteza serotoniny, podczas gdy reakcja układu syntetyzującego melatoninę była wolniejsza. Przewodzone badania TMS (*Transcranial Magnetic Stimulation* – przeczaszkowa stymulacja magnetyczna) na modelu zwierzęcym dowodzą antydepresyjnego działania stymulacji magnetycznej [23].

Z powyższych doniesień wynikają implikacje zdrowotne szczególnie łatwe do zaobserwowania w ośrodkowym układzie nerwowym u ludzi. Zastosowanie terapeutyczne TMS w zaburzeniach nastroju pod postacią depresji spowodowało poprawę u 59% pacjentów [56]. Zaznaczyć należy, że w części eksperymentów kwalifikowano do nich chorych opornych na terapię konwencjonalną.

Należy również brać pod uwagę możliwość regulacji układu serotoninoergicznego w leczeniu polem magnetycznym uporczywych migren [56]. Wydaje się, że podwyższenie poziomu serotoniny pod wpływem aplikacji polami magnetycznymi ma wpływ na wiele reakcji somatycznych oraz zaostrenie procesów chorobowych – nie znaleziono w literaturze szczegółowych doniesień na ten temat.

### Prolaktyna i kortyzol

Stężenie prolaktyny w surowicy krwi uważanej za marker pobudzenia głębokich struktur mózgowia, oraz kortyzolu, jako stopnia obciążenia organizmu, jest traktowane jako wskaźnik narażenia ośrodkowego układu nerwowego na stres.

Bezpieczeństwo stosowania TMS w terapii badano przy zastosowaniu różnych źródeł pola magnetycznego [77,78] u zdrowych ochotników. Pole o indukcji B=0,01 T i częstotliwości 50 Hz emitowane przez 2 różne aparaty powodowało obniżenie poziomu



prolaktyny, jeden z nich (Magnetronic MF-10) podwyższał poziom kortyzolu, drugi (Magnetron D26) nie był testowany w zakresie tego hormonu.

Natomiast prototypowy stymulator magnetyczny MS 2, wytwarzający pole magnetyczne o indukcji  $= 0,1T$  i częstotliwości 50 Hz powodował nieznaczne podwyższenie poziomu prolaktyny i niewielki spadek poziomu kortyzolu. Badanie poziomu hormonów przeprowadzano do godziny od ekspozycji na pole magnetyczne, można zatem stwierdzić, że obserwowana reakcja miała charakter ostry. Wyniki obserwacji nie były istotne statystycznie.

Zmiany pola magnetycznego Ziemi obserwowane w ciągu 19 kolejnych dni (ekspozycja przewlekła) nie spowodowały istotnych statystycznie zmian stężenia prolaktyny w surowicy chorego na epilepsję [34].

Sieroni A. [56] podaje przykłady licznych prac eksperymentalnych wykazujące znamienne podwyższenie poziomu kortyzolu u zwierząt pod wpływem ostrej ekspozycji w polu magnetycznym. Po czwartej dobie aplikacji pola dochodziło do obniżenia stężenia tego hormonu w surowicy, co może wskazywać na wyczerpanie układu przysadki-nadnercza w przypadku ekspozycji przewlekłej.

Inni autorzy [27,34,53,64,72,75] obserwują różny stopień reakcji organizmów ludzi i zwierząt na czynnik stresowy, jakim było pole magnetyczne. Badano przewlekły wpływ pola elektromagnetycznego emitowanego przez sprzęt video na kurcze zarodki i młode kurcząt [72]. Obserwowano istotną różnicę pomiędzy ekspozycją pozorowaną i rzeczywistą. Śmiertelność zarodków osiągała 68% a poziom kortyzolu u wylęgłych kurcząt był znacząco niski.

Przeprowadzono badania na 6 generacjach myszy laboratoryjnych, które poddano działaniu pola elektromagnetycznego przez 35 dni. Dzienna mediana kortyzolu ekspozowanych myszy była wyższa (istotność statystyczna) niż u myszy poddanych ekspozycji pozorowanej. Autorzy opisanego badania [6] określili działanie pola elektromagnetycznego jako przewlekłego stresora.

U ludzi nocne wydzielanie kortyzolu nie podlega zmianom pod wpływem pola magnetycznego prócz przemijającego, niewielkiego wzrostu jego stężenia natychmiast po rozpoczęciu ekspozycji [27]. U zdrowych mężczyzn pozostających w polu magnetycznym (5 Hz, 10  $\mu T$ , ciągle lub przerywane) całą dobę nie stwierdzono różnic istotnie znamienych pomiędzy grupą faktycznie ekspozowaną a grupą pozornie narażoną.

Selmanoui B. i wsp. [52] na podstawie badań, a także przytoczonych powyżej wyników, sugerują, że ostra ekspozycja na opisane pole magnetyczne nie oddziaływała jako czynnik stresogenny u ludzi. Z innych badań pośrednio wynika, że magnetostymulacja stosowana w warunkach sanatoryjnych ma korzystny wpływ na regulację wydzielania hormonów kory nadnerczy wywierając regulujący wpływ na wysokość ciśnienia tętniczego [27].

#### Inne hormony

Opisano powyżej, że melatonina i sero-

tonina wywierają znaczny wpływ na wydzielanie wewnętrzne poprzez oddziaływanie na hormony uwalniające przysadki oraz bezpośrednio na wydzielanie hormonów przez gruczoły płciowe. Ponieważ udowodnionym jest wpływ pól elektromagnetycznych na poziom wydzielanej przez ludzi i zwierzęta melatoniny i serotoniny, toteż może nasuwać się wniosek o wielkiej sile działania tych pól na uwalnianie innych hormonów pod wpływem tych „superhormonów”. Badania eksperymentalne i obserwacje nie dostarczają na to bezpośrednich dowodów.

O'Connor R.P., Persinger M.A. [34] opisali chorego na epilepsję, u którego w przewlekłej obserwacji (19 dni) występowała dodatnia korelacja pomiędzy aktywnością geomagnetyczną Ziemi a poziomem tyroksyny. Jest to pośredni dowód na to, że podwyższenie stężenia hormonów tarczycy zachodzi wskutek obniżenia poziomu endogennej melatoniny pod wpływem zmian pola magnetycznego Ziemi, a co za tym idzie melatonina jest supresorem wydzielania hormonów tarczycy.

Po ekspozycji kurzych zarodków w polu elektromagnetycznym emitowanym przez ekrany telewizora i komputera poziom tyreoglobuliny był obniżony u wylęgłych kurcząt w sposób statystycznie istotny. Co więcej poziom melatoniny u tych kurcząt również był znamienne niższy niż w grupie kontrolnej. Oba te fakty przemawiają przeciwko roli melatoniny jako supresora sekrecji hormonów tarczycy u kurcząt [72.]

Selmanoui B. i wsp. [53] wykazali, że w warunkach eksperymentalnych u zdrowych mężczyzn nie występują pod wpływem pola magnetycznego zmiany w wydzielaniu dobowym hormonów odpowiedzialnych za gospodarkę energetyczną organizmu, to jest TSH, trójiodotyroniny, tyroksyny, wolnej trójiodotyroniny, wolnej tyroksyny. Również poziom białka wiążącego tyroksynę nie uległ zmianie pod wpływem ostrej ekspozycji (24 godziny) pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz i indukcji 10  $\mu T$ . Nie obserwowano także zmian w sekrecji LH w opisanym warunkach.

Mann K. i wsp. [27] również nie podają zmian w poziomie tego hormonu u zdrowych ludzi po ekspozycji przewlekłej w polu elektromagnetycznym. W ostatnio cytowanej pracy nie obserwowano zmian w dobowym wydzielaniu GH.

U męskich osobników szczurów, które w czasie ciąży ich matek były poddawane przewlekłej ekspozycji pola elektromagnetycznego o częstotliwości 15 Hz i indukcji 8 Gs poziomy takich hormonów jak LH, FSH, testosteron nie zostały zmienione, natomiast waga organów płciowych była podwyższona znamienne. Co więcej szczury te jako osobniki dorosłe odznaczały się mniejszą zdolnością do oznaczania terenu swoim zapachem [30]. Również długość ekspozycja dorosłych szczurów pola magnetycznym (50 Hz, 1-50  $\mu T$ ) nie powodowała zmiany poziomu testosteronu w porównaniu z grupą kontrolną [23].

U myszy poddawanych ciąglej, przewlekłej ekspozycji pola magnetycznego (20 kHz, 15  $\mu T$ ) przez pierwsze pięć dni ciąży nie występowały zmiany poziomu progesterono-

nu i wapnia, a ilość martwych płodów była taka sama jak w grupie kontrolnej.

Różnice wystąpiły w długości i ciężarze płodów myszy poddawanych ekspozycji [62]. Jak widać z powyżej opisanych eksperymentów działanie pola magnetycznego nie zawsze przejawia się poprzez zmianę sekrecji hormonów.

NIEHS Working Group Report [33] nie potwierdza wpływu sinusoidalnych pól magnetycznych na zdolności rozrodcze i zachowanie zwierząt laboratoryjnych. Potwierdza natomiast korzystny wpływ na gojenie tkanki łącznej ośrodkowego układu nerwowego i kości u kręgowców – możliwy potencjalny wpływ na NGF – *neural growth factor*.

W eksperymencie Satake T. [51] podawano działaniu pola magnetycznego kultury osteoblastów szczurów. Pole to powodowało wzrost komórek kultur i poziomu zjonizowanego wapnia w komórkach. Zjawisko to zachodzi wskutek hamowania działania nabłonkowego czynnika wzrostu (*epidermal growth factor* – EGF), który moduluje receptory nabłonka komórek, promując ich wzrost, a także syntezę DNA i jest uważany za hormon.

Ostatnie doniesienia wskazują na wpływ zmiennych pól niskiej częstotliwości na budowę i funkcję trzustki u szczurów [24]. Badanie przeprowadzono w dwóch grupach. W jednej stosowano pole magnetyczne o parametrach: częstotliwości 10 Hz, indukcji 1,8-3,8 mT, kształt fali prostokątny, a w drugiej odpowiednio 40 Hz, 1,3-2,7 mT, kształt fali sinusoidalny. Stężenie insuliny w obu grupach szczurów było znacząco wyższe w trakcie ekspozycji na pole magnetyczne.

#### Podsumowanie

Z powyższych opisanych badań i obserwacji wynika, że pola (elektro)magnetyczne wywierają wpływ na organizmy ludzi i zwierząt, w znacznej części poprzez oddziaływanie na sekrecję hormonów. Natomiast nawet obszerny raport NIEHS Working Group [33] nie wyczerpuje wszystkich znanych faktów naukowych. Jak dotychczas nie ma pewnych dowodów na to, że pola (elektro)magnetyczne powodują występowanie choroby Alzheimera, stwardnienia zanikowego bocznego, depresji z tendencjami samobójczymi, depresji ciężarnych, wpływają negatywnie na układ odpornościowy, a także parametry hematologiczne. Zbyt nikłe są dowody na to, że pola magnetyczne powodują zmiany neurobehavioralne, neurofarmakologiczne, neurofizjologiczne a także neurochemiczne u zwierząt doświadczalnych.

Dalsze prace doświadczalne i epidemiologiczne powinny więc prowadzić do korekcyjnych badań w celu ustalenia rzeczywistego oddziaływania pól magnetycznych na organizmy żywe (w tym na sekrecję hormonów) i ujednoczenia norm ekspozycji ciągłej i chwilowej w polu elektromagnetycznym, aby zniwelować potencjalną szkodliwość dla różnych częstotliwości, jednocześnie ustalając efektywne korzyści wynikające z jego diagnostycznego i leczniczego zastosowania. Zawsze należy również pamiętać o istnieniu specyficznych okien biologicznych różnych nie tylko dla gatunków, ale także



dla poszczególnych jednostek. To, co niektórym osobnikom żywym może przynieść korzyść, dla innych może być szkodliwe.

#### Piśmiennictwo

- Baldwin W.S., Barret J.C.: Melatonin: receptor-mediated events that may affect breast and other steroid hormone-dependent cancers. *Mol. Carcinog* 1998, 21, 149-155.
- Bonhomme-Faivre L, Mace A., Bezie Y. et al.: Alterations of biological Parameters in mice chronically exposed to low frequency (50 Hz) electromagnetic fields. *Life Sci* 1998, 62, 1271.
- Brainard G.C., Kavet R., Kheifets L.I.: The relationship between electromagnetic field and light exposures to melatonin and breast cancer. A review of the relevant literature. *J. Pineal Res.* 1999, 26, 65.
- Burch J.B., Reif J.S., Yost M.G. et al.: Nocturnal excretion of a urinary melatonin metabolite among electric utility workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1998, 24, 183.
- Carosimo A.M., Lombardi A., Matucci-Cernic M. et al.: Effect of melatonin on normal and sclerodermic skin fibroblast proliferation. *Clin. Exp. Rheumatol.* 1996, 14, 493.
- De Bruyn L., De Jagier L.: Electric field exposure and evidence of stress in mice. *Environ. Res.* 1994, 65, 149.
- Ebadi M., Govitrapong P., Psuwan-Puito P. et al.: Pineal opioid receptors and analgesic action of melatonin. *J. Pineal Res.* 1998, 24, 193.
- Fedorowski A., Steciwko A.: Elektrosmog jako czynnik zagrożenia zdrowia: źródła sztucznych pól elektromagnetycznych, ocena ryzyka zdrowotnego, metody zapobiegania. *Med. Pr.* 1997, 48, 507.
- Fedorowski A., Steciwko A.: Biologiczne oddziaływanie nie jonizującego promieniowania elektromagnetycznego. *Med. Pr.* 1998, 49, 93.
- Gliad E., Laudon M., Matzkin H. et al.: Functional melatonin receptors in human prostate epithelial cells. *Endocrinology* 1996, 137, 1412.
- Gonet B.: Oddziaływanie stałego pola magnetycznego na organizmy żywe. *Rozprawa habiliacyjna*. Pomorska Akademia Medyczna, Szczecin 1991.
- Graham C., Cook M.R., Riffle D.W. et al.: Human melatonin during continuous magnetic field exposure. *Bioelectromagnetics* 1997, 18, 166.
- Harland J.D., Liburdy R.P.: Environmental magnetic fields inhibit the antiproliferative action of tamoxifen and melatonin in a human breast cancer cell line. *Bioelectromagnetics* 1997, 18, 555.
- Jankovic B.D., Jovanova-Nesic K., Nikolic V. et al.: Brain-applied magnetic fields and immune response: Role of the pineal gland. *Int. J. Neurosci.* 1993, 70, 127.
- Jeong J.H., Choi K.B., Yi B.C. et al.: Effect of extremely low frequency magnetic fields on pain thresholds in mice: roles of melatonin and opioids. *J. Auton. Pharmacol.* 2000, 20, 259.
- Karasek M.: Szyszynka i melatonina. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa - Łódź 1997.
- Karasek M.: Szyszynka, melatonina a proces starzenia. *Polish J. Endocrinol.* 1998, (Supl. 1 do z. 2), 33.
- Karasek M., Woldańska-Okońska M., Czernicki J. et al.: Chronic exposure to 2.9 mT, 40 Hz magnetic field reduces melatonin concentrations in humans. *J. Pineal Res.* 1998, 25, 240.
- Karasek M.: Melatonin in humans - where we are 40 years after its discovery. *Neuroendocrinology Letters* 1999, 20, 179.
- Karasek M., Woldańska-Okońska M., Czernicki J. et al.: Influence of low-frequency magnetic field of different characteristics on serum melatonin concentrations in humans. *Adv. Exp. Biol. Med.* 1999, 460, 459.
- Karasek M., Czernicki J., Woldańska-Okońska M. et al.: Chronic exposure 25-80  $\mu$ T, 200 Hz magnetic field does not influence serum melatonin concentrations in patients with low back pain. *J. Pineal Res.* 2000, 29, 81.
- Kato M., Honma K., Shigemitsu T. et al.: Circularly polarised, sinusoidal, 50 Hz magnetic field exposure does not influence plasma testosterone levels of rats. *Bioelectromagnetics* 1994, 15, 513.
- Keck M.E., Welt T., Post A. et al.: Neuroendocrine and behavioural effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in a psychopathological animal model are suggestive of antidepressant-like effects. *Neuropsychopharmacology* 2001, 24, 337.
- Laitl-Kobierska A., Cieślak G., Sieroń A., Grzybek H.: Influence of alternating extremely low frequency ELF magnetic field on structure and function pancreas in rats. *Bioelectromagnetics* 2002, 23, 49.
- Lee J.M., Stormshak F., Thompson J.M. et al.: Melatonin and puberty in female lambs exposed to EMF: a replicate study. *Bioelectromagnetics* 1995, 16, 119.
- Lerchl A., Nonaka K.O., Stokkan K.A. et al.: Marked rapid alterations in nocturnal pineal serotonin metabolism in mice and rats exposed to weak intermittent magnetic fields. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 1990, 169, 102.
- Mann K., Wagner P., Brunn G. et al.: Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Neuroendocrinology* 1998, 67, 139.
- Marcinowski D., Kubiak Sz.: Wpływ pola magnetycznego generowanego przez MRS 2000 na wybrane parametry fizjologiczne metaboliczne i regulację autonomiczną układu krążenia podczas leczenia uzdrowiskowego. *Baln. Pol.* 1998, 40, 18.
- Markt W., Brugger p., Herold M. Et al.: Melatonin und koronare Herzkrankheit. *Wien. Klin. Wochenschr.* 1997, 109, 747.
- Mc Givern R.F., Solo R.Z., Adieu W.R.: Prenatal exposure to a low frequency electromagnetic field demasculinizes adult scent marking behaviour and increases accessory sex organ weights in rats. *Teratology* 1990, 41, 1.
- Mozrzyński J.W.: Sygnały elektryczne jako uniwersalny mechanizm szybkiego przekazywania informacji między komórkami. Mechanizmy modulacji w warunkach fizjologicznych i patologicznych. *Post. Hig. Med. Dośw.* 1999, 53, 247.
- Nemeroff C.H.B.: The neurobiology of depression. *Sci. Am.* 1998, 276, 42.
- NIHNS WORKING GROUP REPORT: Assessment of Health Effects from Exposure to Power-Line frequency Electric and Magnetic Fields. National Institute of Health Publication No. 98-3981, United State of America 1998.
- 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, 243.
- O'Connor R.P., Persinger M.A.: Geophysical variables and behaviour: LXXXII. A strong association between sudden infant death syndrome and increments of global geomagnetic activity - possible support for the melatonin hypothesis. *Percept. Mot. Skills* 1997, 84, 395.
- Persinger M.A., Psych C.: Sudden unexpected death in epileptics following sudden, intense, increases in geomagnetic activity: prevalence of effect and potential mechanisms. *Int. J. Biometeorol.* 1995, 38, 180.
- Pfluger D.H., Minder C.E.: Effects of exposure to 16.7 Hz magnetic fields on urinary 6-hydroxy-melatonin sulfate excretion on Swiss railway workers. *J. Pineal Res.* 1996, 21, 91.
- Rapaport S.I., Malinowska N.K., Oarevski V.N. et al.: Vliianie kolebanii estestvennogo magnitnogo polia Zemli na produktiiu melatonina u bolnyh ishemičeskoj bolezniu serdca. *Klin. Med. Mosk.* 1997, 75, 24.
- Reiter R.J.: A review of neuroendocrine and neurochemical changes associated with static and extremely low frequency electromagnetic field exposure. *Integr. Physiol. and Behav. Sci.* 1993, 28, 57.
- Reiter R.J.: Static and extremely low frequency electromagnetic field exposure: reported effects on the circadian production of melatonin. *J. Cell. Biochem.* 1993, 51, 394.
- Reiter R.J.: Electromagnetic fields and melatonin production. *Biomed. Pharmacother.* 1993, 47, 439.
- Reiter R.J.: Melatonin suppression by static and extremely low frequency electromagnetic fields: relationship to the reported increased incidence of cancer. *Rev. Environ. Health* 1995, 10, 171.
- Rogers W.R., Reiter R.J., Smith H.D. et al.: Rapid-onset/offset, variably scheduled 60 Hz electric and magnetic field exposure reduces nocturnal serum melatonin concentration in nonhuman primates. *Bioelectromagnetics (Suppl.)*, 1995, 3, 119.
- Ronco A.L., Halber G.F.: The pineal gland and cancer. *Anticancer. Res.* 1996, 16, 2033.
- Salvatore J.R., Weitberg A.G., Metha S.: Nonionizing electromagnetic fields and cancer: A review. *Oncology Huntingt.* 1996, 10, 563.
- Sandyk R.: Is the pineal gland involved in the pathogenesis of endometrial carcinoma. *Int. J. Neurosci.* 1992, 62, 89.
- Sandyk R.: Bidirectional effect of electromagnetic fields on ketanserin-induced yawning in patients with multiple sclerosis: the role of melatonin. *Int. J. Neurosci.* 1996, 85, 93.
- Sandyk R.: Treatment with weak electromagnetic fields attenuates carbohydrate craving in a patients with multiple sclerosis. *Int. J. Neurosci.* 1996, 86, 67.
- Sandyk R.: Suicidal behaviour is attenuated in patients with multiple sclerosis by treatment with electromagnetic fields. *Int. J. Neurosci.* 1996, 87, 5.
- Sandyk R.: Resolution of sleep paralysis by weak electromagnetic fields in a patient with multiple sclerosis. *Int. J. Neurosci.* 1997, 90, 145.
- Satake T.: Effect off pulsed electromagnetic fields (PEMF) on osteoblast-like cells. Alterations of intracellular Ca<sup>2+</sup>. *Kanagawa-Shigaku* 1990, 24, 692.
- Selmaoui B., Lambrozo J., Touitou Y.: Magnetic fields and pineal function in humans: evaluation of nocturnal acute exposure to extremely low frequency magnetic fields on serum melatonin and urinary 6-sulfatoxymelatonin circadian rhythms. *Life Sciences* 1996, 58, 1539.
- 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 Sciences* 1997, 61, 473.
- Sewerynek E., Lewiński A., Karasek M.: Melatonina a procesy starzenia. *Postgraduate Medicine Poland*, 1997, wyd. spec., wrzesień 9-16.
- Sieroń A., Cieślak G., Adamek M.: Magnetoterapia i laseroterapia niskoenergetyczna. *Śląska Akademia Medyczna, Katowice* 1994.
- Sieroń A.(red): Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. Wydanie II, Wydawnictwo a-medica press, Bielsko Biala 2002.
- Słowińska-Klencka D., Lewiński A.: Rola melatoniny w fizjologii i patologii człowieka. I. Dobowy rytm wydzielania melatoniny. Znaczenie melatoniny w fizjologii rozrodu. Melatonina a oś podwzgórze-przysadka-kora nadnerczy. *Post. Hig. Med. Dośw.* 1993, 47, 209.
- Słowińska-Klencka D., Lewiński A.: Rola melatoniny w fizjologii i patologii człowieka. II. Znaczenie melatoniny w patogenezie chorób afektywnych i zaburzeń chronobiologicznych. melatonina a proces starzenia. Melatonina a nowotwory. *Post. Hig. Med. Dośw.* 1993, 47, 267.
- Stevens R.G.: Biologically based epidemiological studies of electric power and cancer. *Environ. Health Perspec.* 1993, 101, (Suppl.), 93.
- Stevens R.G., Davis S.: The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer. *Environ. Health Perspec.* 1996, 104, (Suppl. 1), 135.
- Straburzyńska-Lupa A., Straburzyński G.: Niektóre zagadnienia związane ze stosowaniem w fizjoterapii pulsującego pola magnetycznego i laserowego promieniowania podczerwonego. *Baln. Pol.* 1992, 34, 1.
- Svedenstam B.M., Johanson K.J.: Fetal loss in mice exposed to magnetic fields during early pregnancy. *Bioelectromagnetics* 1995, 16, 284.
- Słwińska-Kowalska M.: Ekspozycja środowiskowa pola elektromagnetycznego a ryzyko rozwoju chorób nowotworowych. *Medycyna Pracy* 1999, 50, 581.
- Thompson J.M., Stormshak F., Lee J. et al.: Cortisol secretion and growth in ewe lambs chronically exposed to electric and magnetic fields of 60- 500-kilovolt AC transmission line. *J. Anim. Sci.* 1995, 73, 3274.
- Van Wijngaarden E., Savitz D.A., Kleckner R.C. et al.: Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: nested case-control study. *West. J. Med.* 2000, 173, 94.
- Welker H.A., Semm P., Willing R.P. et al.: Effects of an artificial magnetic field on serotonin N-acetyltransferase activity and melatonin content of the rat pineal gland. *Exp. Brain Res.* 1983, 50, 426.
- Wikner J.: Melatonin secretion and excretion. *Congl. Carolinska Medico-Chirurgiska Institute. Stockholm* 1998.
- Wilson B.W., Wright C.H.W., Morris J.E. et al.: Evi-



- dence for an effect of ELF electromagnetic fields on human pineal gland function. *J. Pineal Res.* 1990, 9, 259.
69. **Woldańska-Okońska M., Czernicki J. Hyż M.:** Ocena skuteczności przeciwbólowej pól magnetycznych o różnej charakterystyce. *Baln. Pol.* 1999, 41, 57.
70. **Wood A.W., Armstrong S.M., Sait M.L. et al.:** Changes in plasma melatonin profiles in response to 50 Hz magnetic field exposure. *J. Pineal Res.* 1998, 25, 116.
71. **Yellon S.M.:** Acute 60 Hz field exposure effects on the melatonin rhythm in the pineal gland and circulation of the adult Djungarian hamster. *J. Pineal Res.* 1994, 16, 136.
72. **Youbicier-Simo B.J., Boudard F., Cabanier C. et al.:** Biological effects of continuous exposure of embryos and young chickens to electromagnetic fields emitted by video display units. *Bioelectromagnetics* 1997, 18, 514.
73. **Zdrojewicz Z., Sztuka-Pietkiewicz A., Zarzycki A i wsp.:** Serotonina - budowa, działanie, znaczenie kliniczne. *Post. Hig. Med. Dośw.* 1998, 52, 637.
74. **Zdrojewicz Z., Sztuka-Pietkiewicz A.:** Współczesne poglądy na temat roli melatoniny w chorobach reumatycznych. *Reumatologia* 1999, 37, 403.
75. **Zekka L., Mantegazza C., Margonato V. et al.:** Biological effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats: III. 50 Hz electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1998, 19, 57.
76. **Zmysłony M., Jajte J.M.:** Udział wolnych rodników w mechanizmie biologicznego działania słabych stałych i sieciowych pól magnetycznych. *Med. Pr.* 1998, 49, 177.
77. **Zyss T., Witkowska B.:** Ocena neurofizjologiczna i biochemiczna mózgowia poddawanego przezczaszkowej stymulacji magnetycznej. *Neur. Neurochir. Pol.* 1996, 30, 339.
78. **Zyss T.:** Bezpieczeństwo stosowania magnetoterapii przy stymulacji magnetycznej w okolicach głowy. *Fizjoterapia* 1997, 5, 28.

# PRZEGLĄD LEKARSKI

Rok założenia 1862

Tom 60

10/2003

ORGAN TOWARZYSTWA LEKARSKIEGO KRAKOWSKIEGO - ODDZIAŁU PTL