

I

Wyzwalanie aktywności organizmu ludzkiego polami magnetycznymi niskiej indukcji

Powszechnie znane jest stwierdzenie, że *nie ma życia bez energii magnetycznej*, gdyż każda komórka, tkanka czy nawet cały narząd żywego organizmu muszą ją wytwarzać, aby utrzymać sukcesywne przedłużanie swojej egzystencji. Dla przykładu, bez niej nie mogłaby płynąć krew w żyłach i tętnicach, a także pracować serce czy inne narządy tworzące całe układy. Automatycznie więc zamarłoby życie na ziemi i w całym wszechświecie, a więc cała fauna i flora. Samo zaś wytwarzanie energii stanowi bezpośredni wynik sukcesywnego przemieszczania się jonów w płynach zewnątrz i wewnątrzkomórkowych, które zapewniają prawidłowy przebieg wszystkich procesów związanych z przemianą materii, a więc również wpływają na utrzymanie wewnętrznej psychobiologicznej homeostazy organizmu. Z kolei, spadek tej życiodajnej energii automatycznie może powodować gorsze przyswajanie składników odżywczych, a tym samym – upośledzenie procesów metabolicznych i w dalszej konsekwencji – powstanie wielu patologicznych reakcji wynikających z tego upośledzenia.

Na podstawie licznych badań prowadzonych na poziomie komórkowym (Drzazga i in. 1997, Byers i in. 1998, Sieroń 2002) okazało się, że pola magnetyczne niskiej indukcji, odpowiednio dozowane, powodują zmianę przepuszczalności błony komórkowej w kierunku wartości prawidłowych, a wytworzona różnica potencjałów elektrycznych umożliwia dalszą wymianę jonów. Jak wynika z licznych obserwacji klinicznych, tylko przy prawidłowej różnicy komórka może funkcjonować sprawnie, a więc przyswajać potrzebne dla organizmu aminokwasy, lipidy, węglowodany, tlen itp. oraz wydalają substancje odpadowe. Przyjmuje się też, że pola te wspomagają naturalną zdol-

ność organizmu do regeneracji, a przez to powodują sukcesywne zmniejszanie skutków zaburzeń związanych ze stresem, stylem bycia czy szukaniem sposobów radzenia sobie w sytuacjach trudnych. Innymi słowy, pola magnetyczne niskiej indukcji regulują psychofizjologiczne funkcjonowanie organizmu i ułatwiają utrzymanie właściwej homeostazy w warunkach zmian środowiskowych, czyli wpływają na przyspieszenie regeneracji organizmu po wysiłku fizycznym, a tym samym pomagają odnowić vitalność ułatwiając przy tym jego prawidłowe zasypianie, wspomagają koncentrację uwagi oraz przywracają pozytywne nastawienie do życia (Goldberg i in. 1991, Jankauskine i in. 1998, Pecyna 2001b). Ponadto, przy takich możliwościach mogą one być stosowane w zaburzeniach emocjonalnych oraz w stanach nadmiernego stresu biologicznego i psychicznego, czyli w nadczynności układu współczulnego stanowiącego jedną z dwóch części układu autonomicznego (Hinshaw 1992, Graybiel i in. 1994, Hinshaw i in. 1999, Hinshaw 2000c).

Wśród wielu już podjętych kierunków badań naukowych nad zasadnością stosowania pól magnetycznych niskiej indukcji w terapii medycznej, dopiero od niedawna zaczęto poświęcać większą uwagę potencjałom bioelektrycznym⁶ tworzącym różne zakresy, a więc rytmom o charakterze oscylacyjnym, przy wyróżnieniu w zapisie elektroencefalograficznym⁷ rytmów korowych. Dzięki właśnie szybkiej umiejętności odbioru tych sygnałów opartych na technice komputerowej i znacznie rozbudowanej wielowymiarowej analizie matematyczno-statystycznej, wiedza z zakresu psychofizjologii ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego uległa znacznemu rozszerzeniu i pogłębieniu. Toteż obecnie, szczególnie dużo uwagi poświęca się funkcjonalnej roli rytmicznej i zsynchronizowanej przestrzenni aktywności kory mózgowej⁸, której bar-

⁶ Czynność bioelektryczna mózgu rejestrowana z powierzchni głowy jest wypadkową potencjałów generowanych przez dendryty neuronów zewnętrznych warstw kory. Suma tysięcy pojedynczych potencjałów postsynaptycznych składa się na zapis odbierany z każdej elektrody.

⁷ Zapis elektroencefalograficzny polega na rejestracji biopotencjałów z elektrod umieszczonych na głowie badanego w standardowych punktach odpowiadających określonym okolicom anatomicznym. W uzyskanym zapisie liniowym wyróżnia się zdefiniowane empirycznie grafoelementy zwane też falami.

⁸ Kora mózgu (*cortex cerebri*) pokrywa całą powierzchnię górnoboczną, prawie całą powierzchnię dolną i około połowy powierzchni przysrodkowej półkuli. Jest zbudowana z ok. 9 miliardów komórek nerwowych, co pozwala na wytworzenie olbrzymiej liczby styków, gdyż każdy jej neuron ma od 5000 do 6000 synaps. Z sześciu poznanych warstw kory mózgowej przyjmuje się, że druga i czwarta warstwa pełnią funkcje recepcyjne (przyswajania i przyjmowania czegoś), trzecia i piąta – emisyjne (wysyłania sygnałów) oraz pierwsza i szósta – koordynacyjne (uzgodnienie wzajemnego działania). Biorąc pod uwagę cytoarchitektonikę kory mózgu, można w niej wyróżnić szereg pól o odrębnej budowie. I tak: A. A. Campbell w 1905 roku opisał 20 takich pól, K. Brodmann w 1909 roku – 47, C. V. Economo w 1929 roku – 109, a bracia C. i O. Vogt w 1919 – ponad 200. Jeszcze większą liczbę pól podają mapy mózgu opracowane przez P. Bailey'a i C. Banina w 1951 roku. Objętość kory mózgu u kobiet wynosi około 545 cm³, u mężczyzn zaś – 610 cm³. Powierzchnia wynosi około 2000 cm², a grubość mieści się w granicach 1,5-5 mm. Największą grubość osiąga zakręt przysrodkowy i przednia część płacika okołosrodkowego, najmniejszą – kliniek i zakręt potyliczno-skroniowy i przysrodkowy. Cała kora mózgowa została podzielona na dwie półkule i pięć płatów: czołowy, ciemieniowy, potyliczny i dwa skroniowe, które tworzą liczne zakręty i bruzdy (cyt. za Gołębiem 2000, s. 37-38).

dzo czułą miarą są wskaźniki korelacyjne w dziedzinie częstotliwości i amplitudy rytmów fal, a szczególnie alfa, beta, theta, SMR i delta. Mogą one też stanowić miary zawartości korelacji liniowych bądź nieliniowych opisujących ich zmiany fazowe, które, dzięki lokalnemu charakterowi, są zdolne do koordynacji zależności czasowo-przestrzennych procesów pobudzenia i hamowania neuronów różnych struktur nerwowych leżących u podstaw funkcjonowania mózgu znajdującego się pod wpływem leczniczego działania pól magnetycznych niskiej indukcji. Zapewne zrozumienie neuronalnych mechanizmów towarzyszących kontrolowanym behawioralnie stanom czynnościowym ciała i psychiki może stać się drogą do lepszego zrozumienia działania mózgu będącego zarówno w stanie normy, jak i patologii (Lubar 1991, Lubar i in. 1995c, Rosenfeld 2000).

W ramach powstałej dziedziny poznawczej zwanej w literaturze anglosaskiej *Cognitive Neuroscience*, powszechny stał się pogląd, że przetwarzanie informacji przez mózg odbywa się w rozległych obszarach kory i w sposób tak zintegrowany, że mogą być realizowane spójne funkcje percepcji i zachowania człowieka (Pliszka 1990, Pliszka 1992, Lubar 1993, Lubar 1995b). Z kolei sam problem integracyjnego przetwarzania informacji w skali całego mózgu próbuje się rozwiązać w ramach modelu czasowo-przestrzennej organizacji połączeń funkcjonalnych małych populacji lokalnych sieci neuronowych. Uważa się też, że czasowa synchronizacja aktywności tych zespołów, przejawiająca się w synchronizacji fazowej potencjałów kory mózgowej, stanowi fizjologiczną bazę dla obserwowanych funkcji integracyjnych. Ich zaś realizacja pozwala na elastyczne dostosowanie się do zmieniającego się otoczenia oraz umożliwia realizację zachowania ukierunkowanego na cel (Bressler i in. 1993, Bressler 1995, Bullock i in. 1994, Bullock i in. 1995, Bullock i in. 1997). Podejście to, między innymi, ilustruje próbę poznania skomplikowanych procesów związanych z dekoncentracją czy dłuższą koncentracją uwagi w kategoriach desynchronizacji lub synchronizacji czasowej aktywności komórek kory mózgowej.

Tradycyjnie uważa się też, że rytmy obserwowane w korze mózgowej, np. rytm alfa charakterystyczny dla kory wzrokowej, charakteryzuje stan relaksacji organizmu. Dlatego przyjmuje się, że jest on jedynie wskaźnikiem biernego stanu ośrodkowego układu nerwowego, albowiem otwarcie oczu czy podanie bodźca, np. wzrokowego, powoduje jego zanik, czyli desynchronizację aktywności zapisu elektroencefalograficznego. Interpretacja ta wiąże się z terminem *aktywacja (arousal)* wprowadzonym w latach czterdziestych przez Moruzziego i Magouna, którzy badali wpływ stymulacji pnia mózgu na aktywność

elektryczną samej kory (Rouse 1974, Mulholland 1995, Rosenfeld i in., 1995).

W wyniku wielu eksperymentów ustalono, iż każdemu ze stanów ludzkiej świadomości odpowiada dominacja określonego rytmu w zapisie elektroencefalograficznym. Z kolei odkrycie zjawiska wysyłania przez mózg fal związanych z bioelektryczną czynnością mózgu o różnej częstotliwości i amplitudzie zawdzięcza się badaniom nad telepatią. Otóż w Jenie niemiecki lekarz Hans Berger prowadząc w 1924 roku w tej dziedzinie eksperymenty przy użyciu elektroencefalografu, odkrył rytm fal mózgowych, który potem nazwał pierwszą literą alfabetu greckiego – *alfa*. Jego częstotliwość oscyluje w granicach 7-12 Hz i amplituda – 20-100 μ V, a pojawienie się go w zapisie elektroencefalograficznym świadczy o stanie czuwania, ogólnego wyciszenia i rozluźnienia organizmu oraz silniejszej integracji ciała i psychiki. Ponadto, znamionuje on uczucie szczęśliwości i głębokiej relaksacji, czyli stanu z pogranicza snu, gdyż na tym poziomie świadomości wewnętrznej, zmysły pozwalające odbierać bodźce zewnętrzne są znacznie przytłumione. Innymi słowy, charakteryzuje ten rytm ciało uśpione i sferę intelektualną rozbudzoną, dlatego powszechnie w psychofizjologii przyjmuje się, że stan alfa oscyluje między jawą a snem, a sama bioelektryczna czynność mózgu z dominacją rytmu fal alfa informuje o wystąpieniu najwyższej jakości stanu odprężenia i rozluźnienia całego organizmu (Thorson i in. 1982, Peniston i in. 1991, Rosenfeld 2000, Thatcher 2000).

Rytm alfa jest swojego rodzaju przeciwieństwem rytmu mózgowego beta (13-30 Hz i 5-20 μ V). Jego zaś dominacja w zapisie elektroencefalograficznym jest wyrazem bardzo zróżnicowanych procesów psychicznych i zawsze wiąże się ze stanem skupienia, zwrócenia uwagi⁹ na coś lub kogoś, a więc ze świadomością skierowaną na zewnątrz. Może więc oznaczać zarówno intensywne myślenie logiczno-analityczne, jak i negatywne stany psychiczne, takie jak: niepokój, agresja, silne zestresowanie, a nawet współwystępować w wielu chorobach psychosomatycznych, jak np. w migrenie czy nadciśnieniu tętniczym (Tozzo i in. 1988, Saxby i in. 1995, Rossiter i in. 1995, Pecyna i in. 2001, Pecyna 2002b).

W dalszej penetracji bioelektrycznej czynności mózgu dwaj Anglicy Adrian i Matthews w 1935 roku odkryli nowy rodzaj rytmu mózgowego, który nazwali falami delta (0,1-4 Hz). Dominuje on w stanie głębokiego snu oraz w transie hipnotycznym, a czasami nawet w krótkim śnie. W czasie, w którym pojawiają się te fale, organizmowi za-

⁹ Pod terminem uwaga rozumie się zdolność percepcyjną polegającą na koncentracji świadomości na określonym bodźcu, klasie bodźców, przedmiocie, fakcie lub przeżyciu psychicznym.

pewniają doskonały wypoczynek i regenerację sił witalnych, toteż wśród innych fal dominują one u dziecka w okresie rozwoju prenatalnego i u niemowląt, potem stopniowo zmniejszają się. Ich zaś niezmnieszenie w okresie dojrzewania i dorastania jest symptomem patologicznym wskazującym na uszkodzeniu struktur mózgowych (Thatcher i in. 1989, Venneman 1991, Scheinbaum i in. 1995, Thatcher 2000).

Kolejnym poznanym rytmem mózgowym był rytm fal theta (4-8 Hz), który odkrył W. Grey Walter – badacz brytyjski w 1943 roku. Występuje on wtedy, gdy człowiekowi coś się śni lub osiąga najgłębsze stany medytacji oraz kiedy proces realnego myślenia jest niejako wyłączony na korzyść pobudzonej twórczej fantazji. W tym stanie, poprzez regulację immunologiczno-neurohormonalną, następuje u człowieka redukcja snu, lęku i stresu, ponieważ na poziomie biochemicznym wzrasta poziom endorfin¹⁰ i serotoniny¹¹ (Lachowicz i in. 1999, Lewiński i in. 1999, Gołąb 2000). Ponadto, w psychice ludzkiej notuje się obniżenie bólu progowego, a także wystąpienie plastycznych wspomnień i obrazowego wyobrażenia drogi prowadzącej do sukcesu w życiu osobistym i zawodowym. Mówi się też, że rytm ten działa antydepresyjnie a tym samym podnosi nastrój, dlatego umysł ludzki w tej fazie funkcjonowania cechuje głęboka kreatywność i inspiracja warunkowana sukcesywną stymulacją myślenia intuicyjnego i koncentracji uwagi. Toteż nic dziwnego, że brytyjski badacz i odkrywca rytmów fal theta jest powszechnie uważany za pioniera *maszyn mózgowych*. To właśnie jemu, jako pierwszemu na świecie, już w roku 1946 udało się wywołać sztucznie i to w sposób niezwykle prosty, określone fale mózgowe u osób badanych poprzez poddawanie ich oddziaływaniu błysków świetlnych emitowanych z określoną częstotliwością. Zaobserwowano również, że powtarzające się błyski oddziaływały nie tylko na narząd wzroku, ale także wymuszały powstanie określonych rytmów fal mózgowych. Ten sam badacz potwierdził wcześniej odkryte zjawisko, iż rytm fal delta (1-3 Hz) wyzwała głęboki relaks antystresowy, a tym samym wzmacnia właściwości obronne organizmu i jego odporność. Z kolei, w roku 1956 zauważono, że określone rytmy mózgowie moż-

¹⁰ Endorfiny to grupa związków podobnych budową chemiczną do morfiny, wytwarzanych w ośrodkowym układzie nerwowym, które pełnią funkcje neuroprzekaźników. W organizmie ludzkim wykazują one różnorodne działanie, a więc: uczestniczą w regulacji pracy serca, wspomagają działanie hormonów i mechanizmów uaktywnianych w stanach krytycznych, takich jak wstrząs, duża utrata krwi, stres biologiczny wywołany dużym bólem czy wstrząsem psychicznym. Ich zadanie, to obniżenie progu bólowego, kontrolowanie emocji itp.

¹¹ Serotonina jest hormonem tkankowym wydzielanym przez błonę śluzową jelit oraz neuroprzekaźnikiem w neuronach mózgowych. Jej zadania w organizmie, to zwężanie naczyń krwionośnych w tkankach obwodowych, co w konsekwencji powoduje skurcz mięśni gładkich macicy i przewodu pokarmowego. Ma ona też wpływ na ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy, gdyż działa przeciwdepresyjnie i jest odpowiedzialna za prawidłowy proces snu fizjologicznego.

na wywoływać sztucznie nie tylko za pomocą bodźców świetlnych i dźwiękowych, ale też innych skojarzonych bodźców, a obecnie zaś – polami magnetycznymi niskiej indukcji (Bennett 1987, Abarbanel 1995, Pecyna 1999a, Pecyna 1999b, Martin 2001, Pecyna 2001b, Pecyna 2001c, De Bruyn i in. 2001, Pecyna 2002b).

Wśród dotychczas omówionych rytmów fal ważną rolę odgrywa odkryty przez Maurice Stermana, profesora Wydziału Neurobiologii i Psychiatrii w UCLA w 1965 roku i nazwany przez niego rytm SMR (*ang. sensorimotor rhythm*), obejmujący zakres częstotliwości 12-15 Hz i amplitudy do 50 μ V. Po raz pierwszy zauważył go w mózgu kota, który był w nieruchomej pozycji oczekiwania na nagrodę jedzenia, a potem potwierdził u małp i u młodych kobiet będących w stanie chwilowej dysfunkcji mózgu, czyli w czasie trwania napadu padaczkowego (Serman i in. 1969, Serman i in. 1974, Serman i in. 1978). Współcześnie rytmem tym określa się ludzkie funkcjonowanie poznawcze oraz stosunek do otoczenia, samo zaś *sensorium* obejmuje okolicę mózgową odpowiedzialną za świadomą rejestrację i przetwarzanie informacji sensorycznych, jakie dokonują się za pomocą układu zmysłów. Wobec powyższego, rytm ten stanowi ważną podstawę procesu uczenia, czyli gromadzenia wiedzy o otaczającym świecie i o sobie samym, zwanym też magazynem sensorycznych informacji lub/i pamięcią sensoryczną oraz pojemnością pamięciową¹² (Lubar i in. 1984a, Lubar i in. 1984b, Pecyna 1999b).

W psychofizjologii rytm fal SMR został nazwany *rytmem specyficznej aktywności* wskazującym na poziom pojemności pamięciowej, który najczęściej występuje niesymetrycznie i naprzemiennie w obu półkulach mózgu w czuwaniu, w okolicach centralnej lub centralno-ciemieniowej i dlatego jest ściśle skorelowany z czynnością kory czuciowo-ruchowej, przy czym jej odpowiedniki, według Brodmanna (1909), dotyczą następujących obszarów: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9 i 10. Zauważono też, że wyobrażenie ruchu czy napięcie uwagi wywołuje podobny skutek, otwarcie zaś oczu wpływa jedynie nieznacznie na jego zachowanie, natomiast może być wodzony rytmicznie bodźcami świetlnymi. Nie ma on znaczenia patologicznego, nie wydaje się też, by wykazywał statystycznie istotne korelacje z zaburzeniami emocjonalnymi, agresją, neurotyczną osobowością i zaburzeniami psychicznymi. Z kolei, uszkodzenie okolicy bruzdy Rolanda może modyfikować w kierunku patologicznym wartości jego amplitud lub po-

¹² Pod terminem pamięć (memory) rozumie się zdolność do tworzenia śladów (kodowania), przechowywania i przywoływania wewnętrznych reprezentacji doznań stanowiących podmiot postrzegania, przeżywania lub działania, a więc umożliwia zapamiętywanie, przypominanie i rozpoznawanie elementów środowiska zewnętrznego i wewnętrznego.

wodować całkowicie jego zniknięcie. Ponadto, rytm ten zmniejsza lub nawet blokuje się przy ruchach czynnych przeciwległej kończyny górnej, a także w stanie gotowości do ruchu oczekiwania, przy stymulacji zaś dotykowej jest fizjologicznym rytmem w zapisie elektroencefalograficznym. Reakcja zatrzymania tego rytmu wyraża się tylko jego jednostronną blokadą wtedy, gdy na polecenie osoba badana zaciska pięść kontrlateralnej kończyny górnej (Serman i in. 1978, Tansey 1984, Pecyna 2001b, Pecyna 2002a).

W oparciu o dotychczasowy poziom wiedzy na temat bioelektrycznej czynności mózgu zaczęto konstruować urządzenia, za pomocą których można sterować stanami psychicznymi człowieka i funkcjami jego organizmu, a zwłaszcza tymi, które do tej pory uchodziły za autonomiczne. Chodziło tu nie tylko o rytmy fal mózgowych, ale także inne parametry fizjologiczne charakteryzujące ciśnienie tętnicze, temperaturę ciała czy skóry, a nawet czynności serca. Jednak najbardziej poznana jest do tej pory bioelektryczna struktura mózgu, gdyż jej językiem można opisać przebiegi o ograniczonych pasmach wielu procesów psychicznych uświadamianych i nieuświadamianych przez człowieka. Zazwyczaj większość tych informacji mieści się w paśmie 0,16-100 Hz, których bardziej szczegółowe znaczenie zdołano już w przybliżeniu ustalić. Oto, jak przedstawiają się owe ustalenia: 7,0 Hz – przekazy bioenergoterapeutyczne, 7,5 Hz – medytacja oraz stan umysłu charakterystyczny dla twórczości artystycznej i wynalazczości, 8,0 Hz – idealny stan umysłu dla pracy z wyobraźnią, 9,0 Hz – stan idealnej harmonii ciała, 10,5 – mobilizacja sił obronnych organizmu wraz z odczuciem doskonałej integracji ciała i umysłu oraz 12,0 Hz – rozbudzenie zdolności i jasnowidzenia. Informacje te potwierdziły liczne eksperymenty autorki, której wydaje się, że już wkrótce metodą z wyboru powszechne stanie się wzmacnianie pożądaných stanów psychicznych wspomagających proces uczenia czy nawet leczenia człowieka polami magnetycznymi niskiej indukcji generowanych przez magnetostymulator Viofor JPS firmy Med & Life Polska, a które, odpowiednio dawkowane, mogą wyzwać pożądanę dla danych sytuacji rytmy fal mózgowych (Pecyna 2001b, Pecyna 2002a). Być może, że już niebawem, w zależności od aktualnej potrzeby, metodą pól magnetycznych dowolnie będzie można sterować stanami ludzkiej psychiki w kierunku sukcesywnego zwiększania jej zasobów emocjonalno-intelektualnych. W zależności od problemów klinicznych będzie też można trenować i synchronizować różne zakresy częstotliwości rymów fal mózgowych zachowując zasadę, że mózg pracuje w ciągu doby w różnych ich zakresach, gdzie rytm fal beta przeważa podczas codziennej aktywności życiowej, alfa – wypoczynku, stanu relaksu, SMR – w procesie intensywnego myślenia

wzmagając jej pojemność, theta – zwykłego, a delta zaś – głębokiego snu (Sandyk 1992, Schienle i in. 1997). I tak, podczas przeżywania paniki dostrzega się niskie wartości wskaźnika reakcji skórno-galwanicznych (SC/GSR) i fal beta, medytacji – wysokie wartości SC/GSR i beta oraz hipnozy – wysokie wartości SC/GSR i niskie beta. Ponadto, z prac neurofizjologów amerykańskich (Thatcher i in. 1989, Scheuler i in. 1990, Tansey 1991, Steriade i in. 1996) wynika i to, że sam proces leczenia organizmu jest znacznie przyspieszony wtedy, gdy w zapisie elektroencefalograficznym wyraźnie pojawiają się rytmy fal alfa, theta i delta na skutek wyraźnego obniżenia w organizmie poziomu hormonów stresowych takich, jak *adrenalina*¹³ czy *noradrenalina*¹⁴ (Klencki i in. 1999, Lachowicz i in. 1999), a tym samym w sposób znaczący podwyższenia jego sprawności immunologicznej.

Ciekawe też poczyniono spostrzeżenia odnośnie przechodzenia od stanu czuwania do snu, gdyż podczas czuwania, różnego rodzaju rytmy fal mózgowych szybko występują naprzemiennie jeden po drugim, a ich częstotliwość, przy niewielkiej amplitudzie, zaledwie dochodzi do ok. 15 Hz. Gdy jednak człowiek zasypia, fale te stają się coraz wolniejsze, a ich amplituda również szybko wzrasta przybierając kształt gęstego grzebienia. Charakterystyczne dla zasypiania fale alfa są stopniowo zastępowane przez jeszcze wolniejsze fale theta, dowodem zaś zaśnięcia jest pojawienie się szybkich i wysokich fal zwanych *zespołem K* i *wrzecionami snu*. W prawdziwe zdumienie wprawia obserwatora jednak dopiero to zjawisko, które ma miejsce po 90 minutach od chwili zaśnięcia, gdyż z powodu szybkich gałek ocznych cały obraz elektrycznej aktywności mózgu ulega nagłej zmianie, a fale mózgowie w tej fazie snu są prawie takie same, jak w półśnie, choć jest to sen głęboki. Z kolei, obudzenie człowieka w tej fazie sny jest bardzo łatwe, dlatego nazwano go *snem paradoksalnym* (Scheuler i in. 1990, Bianchi i in. 1992). Ważny jest też podkreślenie faktu, że w tej fazie snu zupełnie zanika napięcie mięśniowe, które jest spowodowane spontanicznymi zmianami aktywności mózgu prowadzącymi do chwilowego przerwania w przewodzeniu impulsów z mózgu do mięśni, a także ustaje kontrola najważniejszych procesów fizjologicznych, jak

¹³ Adrenalina jest hormonem istoty rdzennej nadnerczy oraz tkanki chromochłonnej ciałek przyzwojowych należących do autonomicznego układu nerwowego. W organizmie powstaje w sytuacjach stresowych, dlatego często jest określana jako hormon 3 x f (z ang. fright, fight and flight), czyli hormon strachu, walki i ucieczki.

¹⁴ Noradrenalina jest hormonem wytwarzanym w rdzeniu nadnerczy i w zakończeniach nerwów pozazwojowych układu sympatycznego, który jest częścią autonomicznego układu nerwowego. Działa podobnie do adrenaliny, a więc podwyższa ciśnienie krwi i poziom glukozy we krwi, dlatego jest stosowana w ciężkich stanach niewydolności krążenia.

temperatura ciała czy ciśnienie tętnicze. Jednak po tej paradoksalnej fazie wszystko wraca do normy, bo mózg zaczyna kontrolować wszystkie procesy zachodzące w organizmie. Gdy zaś człowiek obudzi się jego zdolności intelektualne szybko wzrastają, dlatego czas pierwszego wyżu, trwający od godz. 6⁰⁰ do ok. 12³⁰, zazwyczaj wykorzystuje się na zadania nowe i trudne, wymagające twórczego myślenia. Dzieje się tak dlatego, że fale mózgowe tuż po przebudzeniu wchodzą w stan alfa, który „wchłania wiedzę jak gąbka”. Po tym okresie następuje pierwszy niż, który trwa do 15³⁰. Po nim znów następuje okres wyżowy sprzyjający nauce, lecz nie w takim samym stopniu jak rano, a rytmy fal mózgowych w tym okresie nie są już takie spokojne, gdyż zaczynają w nich dominować fale beta. Pomimo jednak pełnej sprawności intelektualnej, najlepiej powierzać wtedy umysłowi zadania odtwórcze, takie jak pisanie referatów lub powtarzanie materiału. Oczywiście, tych zaleceń nie należy traktować jako ostatecznej wyroczni, ponieważ są one tylko uśrednieniem wyników wielu ludzi, a przynajmniej 50% z nich odpowiada tym standardom (Jus i in. 1954, Jus i in. 1967, Ford i in. 1980, Pantev i in. 1991, Llinas i in. 1993, Abarbanel 1995).

Na poziomie współczesnej wiedzy z zakresu psychofizjologii i neurologii nie ma już wątpliwości, że fazowe rytmiczne zmiany potencjałów, określające poziomy sprawności intelektualnych, są przejawem albo zsynchronizowanej aktywności potencjałów czynnościowych pewnej populacji neuronów, albo zsynchronizowanych w czasie, lecz podprogowych fluktuacji potencjałów neuronalnych błon komórkowych. Synchronizm ten jest osiągany przez pobudzenia jednej sieci przez drugą, bądź też przez sprzężenie zwrotne. Ponadto, przyjmuje się, że zsynchronizowane struktury mogą być okresowo pobudzane bądź hamowane przez podkorowe systemy neuronalne, które zwykle są związane z integracyjną funkcją mózgu i mają charakter modulacyjny, czyli pobudzeniowy bądź też hamulcowy (Daugherty i in. 1991, Daugherty i in. 1993, Steriade i in. 1996, Pecyna 2001b).

Współczesne badania nad częstotliwościami rytmów fal korowych wskazują na istnienie co najmniej pięciu, do których zalicza się: *theta* (4-8 Hz), *alfa* (8-13 Hz), *SMR* (13-15 Hz), *beta* (15-32 Hz, w tym *beta 1*-15-25 Hz i *beta 2*-26-32 Hz) oraz *delta* (2-4 Hz). Z kolei, w neurologii i neurofizjologii zostały one opisane jako rytmy wolne i rytmy szybkie, przy czym do rytmów wolnych zaliczono między innymi składowe potencjałów wywołanych, charakteryzujące się odwróceniem polaryzacji w funkcji głębokości w korze i mieszczące się w granicach od 0,25 do 0,5 mm. Charakteryzują się synchronizacją na dużych odległościach, których amplituda w czasie reakcji pobudze-

nia rzeczywiście się zmniejsza. Rytmu zaś szybkie o częstotliwościach rzędu 33-60 Hz, zwane w neurologii rytmem gamma nie zanikają, lecz wręcz są wywoływane przez aktywację, a więc występują także w stanie czuwania oraz w fazie REM-snu, a także pojawiają się w trakcie depolaryzacyjnych faz snu wolnofalowego (Dahl i in. 1990, Zwoliński 1999).

Okazało się też, że wolne rytmy wskazują na okresową przewagę procesów hamowania bądź pobudzenia i są prawdopodobnie wskaźnikiem podprogowych fluktuacji wpływów hamulcowych i pobudzeniowych, które mogą np. modulować oddziaływanie pomiędzy neuronami korowymi i wzgórzowymi, pobudzając bądź hamując pojawianie się szybkich oscylacji wywołanych bodźcami zewnętrznymi lub wewnętrznymi np. w fazie REM snu. W ostatnich latach stwierdzono też empirycznie występowanie szybkich spontanicznych rytmów w różnych stanach czynnościowych związanych ze wzmożoną koncentracją uwagi (Bouyer i in. 1981, Freeman i in. 1987, Murthy i in. 1992) lub rytmów wywołanych percepcją bodźców (Pantev i in. 1991, Jagadeesh i in. 1992, Llinas i in. 1993, Gray 1994, Gołąb 2000). Toteż nic dziwnego, że aktualnie coraz bardziej popularny staje się też pogląd, że obserwowana doświadczalnie duża dynamika potencjałów korowych jest bezpośrednim przejawem procesów synchronizowanej dynamicznie aktywności tych komórek, które mogą aktywnie wpłynąć na ich wypadkową. Przykładem mogą być relacje pomiędzy zachowaniem się człowieka a zapisem elektroencefalograficznym opisywane już w latach siedemdziesiątych przez Banqueta (1973), który badał dynamikę amplitudy rytmów alfa i theta w trakcie treningu autogennego. Wprawdzie procesy te wykazywały duże zróżnicowanie międzyosobnicze, jednak ich powtarzalność była zdumiewająco wysoka. Z kolei, w dwadzieścia lat później Bressler i in. (1993) stwierdzili, że synchronizacja aktywności zespołów neuronów pomiędzy często bardzo odległymi obszarami kory, może być mechanizmem selektywnego wyboru aktywnych zespołów komórek, niezbędnych do przetwarzania informacji docierających z otoczenia. Ta jednoczesna ich aktywacja może być wykorzystywana w doborze odpowiednich dawek pól magnetycznych niskiej indukcji, mających udowodnione własności lecznicze. Jego zaś celem było uaktywnienie prawidłowo przebiegających dróg projekcyjnych, które dotąd miały charakter dysfunkcyjny, bo warunkowany nieprawidłowo przebiegającymi rytmemi fal mózgowych. Stąd aktualnie podjęty główny problem w kontynuowanych badaniach eksperymentalnych prowadzonych w warunkach laboratoryjnych dotyczył próby odpowiedzi na następujące dwa pytania:

- ***Czy w zależności od potrzeb terapeutycznych aktywność bioelektryczna mózgu***

może być modelowana polami magnetycznymi niskiej indukcji?

- *Jeśli tak, to w jakim kierunku winna kształtować się ich modulacyjna rola w procesach psychicznych charakteryzowanych rytmami fal mózgowych i wybranymi parametrami układu autonomicznego?*

Rozwiązania tak sformułowanych problemów podjęto w ramach tradycyjnego podejścia fenomenologicznego, którego celem było poznanie związku niektórych procesów psychofizjologicznych dokonujących się w ludzkiej psychice, a szczególnie związanych ze zjawiskami odprężenia, koncentracji uwagi oraz pojemności pamięciowej ze stanami czynnościowymi występującymi w różnych postaciach klinicznych kory mózgowej u dzieci, młodzieży i ludzi dorosłych. Toteż dla przykładu: u dzieci z rozpoznaniem autyzmem czy z nadaktywnością psychoruchową, w badaniach zastosowano wielokrotnie metodę stymulacyjną polem magnetycznym niskiej indukcji po to, by w dłuższym okresie monitorować ich wzajemne zachowania. Z kolei, zastosowane w badaniach pola magnetyczne były generowane przez wspomniany wyżej magnetostymulator Viofor JPS i charakteryzowały się częstotliwością przebiegu podstawowego w przedziale od 180 do 285 Hz i wartościach indukcji magnetycznej od 1 pT¹⁵ do 100 μT. Przebiegi podstawowe uzyskane z magnetostymulatora były ukształtowane w taki sposób, żeby dawały wielowierzchołkowe widmo częstotliwości od 0,08 do kilkudziesięciu herców (Mika 2001, Deka 2001).

Inną przesłanką do podjęcia tychże badań stanowiła powszechna opinia dotycząca małej skuteczności leczenia farmakologiczno-rehabilitacyjnego dzieci z objawami takich zespołów, jak: autystyczny, psychohiperkinestetyczny czy też mózgowego porażenia dziecięcego (Gałkowski 1980, Olechnowicz 1993, Brien i in. 1994), Gałkowski 1995, Olszewski i in. 1995, Levitt 2000, Lubiez-Rudnicka 2001, Ślenzak 2001). Ponadto, z jednej strony ich małe przystosowanie do samodzielnego życia społecznego, z drugiej zaś – duże obciążenie dla rodziny i państwa stanowiły dla badacza wyjątkową subpopulację kwalifikującą się do psychofizjologicznej obserwacji i pogłębionych jakościowo-ilościowych analiz statystycznych (Whalen i in. 1991, Pope i in. 1996, Wilson 1996, Wolańczyk i in. 1999, Levitt 2000).

Z przyczyn etycznych w badaniach nie zastosowano planowej manipulacji eksperymentalnej stanem zachowania osób badanych, ale ograniczono się do selekcji danych z okresowych zapisów elektroencefalograficznych systemem ProComp+ /BioGraph V2.1

¹⁵ Pico (p) jest to bilionowa (10^{-12}) część jednostki podstawowej, np. pico Tesli (pT).

firmy Thought Technology Ltd. działającym w systemie biofeedbacku¹⁶ i wyposażonym w podstawową statystyczną analizę komputerową (Mulholland 1995, Pecyna 2001b, 2002a). Jego zastosowanie stało się konieczne, ponieważ ocena synchronizacji fazowej wyróżnionych w zapisie elektroencefalograficznym rytmów fal mózgowych i innych zmiennych tak dynamicznie zmieniających się była możliwa tylko przy zastosowaniu nowoczesnej cyfrowej metody analizy sygnałów i odpowiedniej mocy obliczeniowej komputera. Z kolei, kolejne raporty z badań oraz dołączona do nich płyta kompaktowa najlepiej ilustrują fakt, że rola komputerów w psychofizjologii, jako narzędzia do symulacji danych wizualizowanych w czasie rzeczywistym, na poziomie współczesnej wiedzy z tego zakresu jest bardzo duża. Pozwala ona również na pomiar parametrów niemierzalnych w sposób klasyczny, bo nie dostrzegalnych w ocenie wzrokowej zmiennych psycho- i fizjologicznych charakteryzujących bioelektryczną czynność mózgu we wzajemnych relacjach ośrodkowego i autonomicznego układu nerwowego.

Warty również podkreślenia był fakt, że celem weryfikacji dotychczas uzyskanych pierwszych odpowiedzi na pytania dotyczące aktywnej roli pól magnetycznych niskiej indukcji w funkcjonowaniu mózgu w różnym fazach jego osobniczej dojrzałości, w obecnie zaprogramowanej analizie statystycznej uwzględniono nieliniową analizę widmową zależności pomiędzy uzyskanymi składowymi zmiennymi fizjologicznymi o różnej częstotliwości zbieranych z powierzchni skóry różnych części ciała, a więc wykluczających potrzebę wkłuwania się do poszczególnych jej komórek czy tkanek. Z kolei, samo stwierdzenie prawidłowych oddziaływań modulacyjnych badanych rytmów zbieranych z całego układu nerwowego poddanego ekspozycji na te pola i przejawiających istotnie różnej od zera bikoherencji (nieliniowych oddziaływań), może stanowić przesłankę do przydatności ich stosowania w celach terapeutycznych w badanych subpopulacjach.

Z dotychczasowych analiz statystycznych wynika (Franaszczuk i in. 1985, Eckhorn

¹⁶ Termin *biofeedback* dosłownie znaczy sprzężenie zwrotne z ciała, który przez dr Joe Kamiya został rozwinięty w Stanach Zjednoczonych. Kontrolował on fale mózgowe alfa (8-13 Hz) za pomocą elektroencefalografu, które wydawało przyjemny dźwięk wtedy, kiedy badana osoba osiągała pewne poziomy alfa, a to z kolei zachęcało ją do utrzymywania tego stanu. Wspomniany Kamiya interesował się m.in. związkiem fal alfa z mistycznymi stanami świadomości, medytacją i świadomością duchową. Na mniej ezoterycznym poziomie biofeedback jest obecnie stosowany w wielu szpitalach w zakresie monitorowania i leczenia migreny, dolegliwości gastryczno-jelitowych, nadciśnienia tętniczego, psychicznych stanów napięcia i wielu chorób serca. Np. pacjenci miejskiego szpitala w Baltimore, gdy zostali podłączeni do kardiogramu wysyłającego kolorowe sygnały świetlne, uczyli się kontrolować pracę swojego serca. Podobnie, jak podczas prowadzenia samochodu, pacjenci uczyli się zwalniać rytm serca, gdy pojawiał się światło czerwone i przyspieszać go, gdy zmieniło się na światło zielone. Zjawisko biofeedbacku wykorzystuje się również w leczeniu różnych dolegliwości związanych z układem pokarmowym i z innymi układami.

i in. 1988, Fehmi i in. 1989, Farmer 1998, Pecyna 1999c), że wysoka koherencja (liniowe oddziaływania) rytmu theta zbieranego z okolic frontalnych kory może sugerować, że stan po ekspozycji na pola magnetyczne niskiej indukcji charakteryzuje się wzmożoną i stabilną w czasie koncentracją uwagi. Interesująca jest jednak prawidłowość, że ta koherencja wskazuje na jej zmienność o specyficznym, dyskretnym charakterze, dlatego ten typ zmienności czasowej można zaobserwować w stanie pełnego rozluźnienia określanym jako *alpha relax*, a który również może być wyzwolony polami magnetycznymi niskiej indukcji (Mann i in. 1991, Venneman 1991, Othmer 1994, Zhang i in. 1997, Wochniak-Dyjas 1999, Pecyna 1998a, Pecyna 1998b).

Interesująca wydaje się sama dynamika lokalnych potencjałów mózgowych wyzwalanych opisanymi wyżej polami, w porównaniu z dynamiką analogicznych zmian potencjałów zbiorczych obserwowanych w całym zapisie elektroencefalograficznym, która również może informować o uniwersalnym charakterze tego zjawiska. Zauważono też, że częstotliwości tych rytmów są takie same, jak częstotliwości rytmów występujących w autonomicznym układzie regulacji ciśnienia krwi tętniczej, stąd prawidłowość tę można zinterpretować jako skutek modulujący pobudliwość kory lub też jako wynik zmian aktywności kory, wywołanych okresowymi zmianami przepływu mózgowego. Ponadto, poprzez ilościowy pomiar koherencji pomiędzy częstotliwością skurczów serca a aktywnością pozostałych rytmów zbieranych z kory mózgowej, podobne efekty wykryto dla rytmu beta. A zatem, jeżeli hipoteza o roli mechanizmów neuronalnych w powstawaniu prawidłowych procesów psychicznych jest prawdziwa, to synchronizacja rytmów korowych może dostarczyć nowych informacji o integracyjnych mechanizmach ośrodkowego układu nerwowego, wyzwalanych polami magnetycznymi niskiej indukcji. Ponadto, może ona również pozwolić na poznanie relacji zachodzących pomiędzy procesami korowymi i podkorowymi, a także na wyjaśnienie roli ośrodkowego układu nerwowego w regulacji funkcji autonomicznego układu nerwowego (Szabela 1999, Szabela i in. 1999, Gołąb 2000).

Wyniki z obserwacji dynamiki nieliniowych oddziaływań (bikoherencji) pomiędzy populacjami neuronów w korze, czyli przeprowadzonej metodami liniowej analizy korelacyjnej, określają stopień synchronizacji fazy rytmu o danej częstotliwości pomiędzy dwiema strukturami neuronalnymi, których zależność polega na wzajemnej modulacji amplitudy bądź częstotliwości (Cunningham i in. 1981, Bulloc i in. 1995). Z kolei, mechanizm synchronizacji fazowej rytmów o różnych częstotliwościach, prawdopodobnie generowanych na ogół przez różne populacje neuronalne, może polegać na

wzajemnej modulacji pobudliwości neuronów bądź to poprzez połączenia synaptyczne, bądź bezpośrednio poprzez efekt elektroencefalograficzny. Wydaje się jednak, że rytmy te mogą modyfikować reaktywność puli neuronalnych kory, a więc także wpływać na sposób odbioru i percepcji bodźców wewnątrz- i zewnątrzpochodnych (Tansey 1990, Tansey i in. 1994).

Achimowicz (1991) w swoich badaniach dotyczących dynamiki procesów synchronizacji-desynchronizacji i dynamiki korowych potencjałów wywołanych ekspozycją na pola magnetyczne niskich indukcji, zainspirował nowy model stanów czynnościowych ośrodkowego układu nerwowego. Jego zdaniem potencjały zbiorcze dostarczają informacji o stanie czynnościowym ośrodkowego układu nerwowego głównie w sekwencji czasowej zdarzeń bioelektrycznych, a więc w fazie sygnału elektroencefalograficznego. Z kolei, wartości amplitudy wywołanej aktywności kory mózgowej polami magnetycznymi wykazują bardzo duże zmiany o nieregularnym przebiegu, które mogą wynikać z faktu równoległego przetwarzania informacji w ośrodkowym układzie nerwowym (Pecyna 1999b). Ponadto, zmiany fazy sygnałów elektroencefalograficznych i potencjałów wywołanych polami magnetycznymi niskiej indukcji sygnalizują pojawienie się tendencji do przyjmowania dyskretnych (nieciągłych) wartości, co wskazuje, jak słusznie podkreślił cytowany Achimowicz (1995), na deterministyczny charakter procesów mózgowych. Stany funkcjonalne (czynnościowe) układu nerwowego mogą też być dobrze określone w krótkich odcinkach czasu, natomiast przejścia pomiędzy poszczególnymi stanami prawdopodobnie mają charakter skokowy w wyniku odbioru bodźców, bądź spontaniczny, np. w wyniku zmiany stopnia pobudzenia lub stymulacji wewnętrznej organizmu lub tylko samej psychiki. Duża dynamika procesów mózgowych obserwowana na poziomie aktywności bioelektrycznej sprawia, że osiągnięcie stanu stacjonarnego ośrodkowego układu nerwowego u konkretnej osoby badanej jest bardzo trudne i wymaga precyzyjnego planowania eksperymentu w zakresie kontroli stanu jej zachowania (Zahn i in. 1993, Trudeau 2000, Pecyna i in. 2001). Jednak poznanie mechanizmów neuronalnych zależnych od stanu czynnościowego ośrodkowego układu nerwowego, procesów liniowej i nieliniowej synchronizacji rytmów, może rzucić nowe światło na funkcjonalne i lecznicze role pól magnetycznych niskiej indukcji w procesie zdrowienia człowieka obciążonego różnymi anomaliami wrodzonymi i nabytymi w okresie postnatalnym. Zapewne też, to światło może dostarczyć nowych przesłanek do udoskonalenia stosowanych dotychczasowych zasad w zakresie jakości i częstości ich stosowania celem uzyskiwania

pożądanych korelatów zdrowotnych. Wydaje się też, że zastosowany w opisie statystycznym komputerowy symulator wartości amplitud rytmów fal mózgowych zmieniających się w czasie rzeczywistym, umożliwił przestrzenną ich wizualizację zreferowanych w kolejnych raportach i udokumentowanych na płycie CD-ROM¹⁷, którą dołączono do tekstu każdej książki. To również może nieco rozjaśnić dotychczas istniejące tajemne obszary współczesnej wiedzy na temat użytkowej funkcjonalności sieci neuronalnych mózgu ludzkiego i ich aktywacji polami magnetycznymi niskiej indukcji.

¹⁷ Skrót CD-ROM pochodzi od angielskich słów *Compact Disc Read Only Memory*. Obecnie używa się dwa rodzaje płytek – CD-R (*read*) czyli bez możliwości kasowania oraz CD-RW (*read-write*), umożliwiającą zapis wielokrotny.