

Zastosowanie EEG Biofeedback/Neurofeedback w rehabilitacji psychiatrycznej

The use of EEG Biofeedback/Neurofeedback in psychiatric rehabilitation

Renata Markiewicz

Zakład Pielęgniarstwa Psychiatrycznego UM, Lublin

Summary

The aim of the systematic review was to evaluate the use of EEG Biofeedback/Neurofeedback in patients treated for mental disorders. The review covered publications analyzing influences and effects of therapy in patients receiving psychiatric treatment based on EEG Biofeedback/Neurofeedback. Selection of publications was made by searching PubMed and Scopus databases. 328 records concerning applications of the presented method were identified in total, including 84 records for patients diagnosed with mental disorders. The analysis of studies indicates that EEG Biofeedback/Neurofeedback is used for treatment of neurological, somatic and mental disorders. Its psychiatric applications for clinically diagnosed disorders include treatment of depression, anorexia, dyslexia, dysgraphia, ADD, ADHD, schizophrenia, abuse of substances, neuroses, PTSD, and Alzheimer's disease. Research results imply that the neuromodulating effect of the therapy positively influences cognitive processes, mood, and anxiety levels.

Positive effects of EEG Biofeedback confirm usefulness of this method as a main or auxiliary method in treatment of people with mental disorders. On the basis of conducted studies, it is worthwhile to consider inclusion of this method into the comprehensive neurorehabilitation activities.

Słowa kluczowe: EEG Biofeedback, neuromodulacja, rehabilitacja psychiatryczna

Key words: EEG Biofeedback, neuromodulation, psychiatric rehabilitation

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się istotny wzrost zainteresowania świadczeniem usług rehabilitacyjnych osobom chorym psychicznie. Prężnie rozwija się opieka środowiskowa i ambulatoryjna, wprowadzane są innowacyjne metody neurorehabilitacji i profesjonalna diagnostyka. Dostępność różnych metod leczenia umożliwia osobom

chorym psychicznie korzystanie z wielu propozycji, a wielokierunkowe oddziaływania sprzyjają tworzeniu profesjonalnej opieki.

Obecnie standardowym modelem rehabilitacji są psychiatryczne oddziały rehabilitacyjne oraz oddziały dzienne, które oferują różne formy działań terapeutycznych. Działania te opierają się na rozpoznaniu deficytów pacjenta i na tej podstawie – realizacji programów rewalidacyjnych. Głównym ich celem jest zapobieganie pojawieniu się następstw choroby lub ich łagodzenie i niedopuszczenie do przejścia choroby w stadium chroniczne [1–6].

Każde oddziaływanie rehabilitacyjne (wczesne, późne) uwzględnia aspekt medyczny i resocjalizacyjny. Wczesna rehabilitacja ma na celu zapobieganie przewlekłości choroby, a tym samym trwałej utracie zdolności do pracy i wykluczeniu społecznemu [2]. Rehabilitacja późna zmierza do kompensacji defektu i nastawiona jest głównie na trening i przywracanie zaburzonych funkcji oraz pobudzanie społecznej i zawodowej aktywności. W profesjonalnych programach cele te uwzględnia również opieka środowiskowa, która w założeniach podporządkowuje swoje zadania wymaganiom środowiska i skupia się na tzw. readaptacji, czyli reorientacji zawodowej i społecznej [1–4]. Podobne kryteria przyjmuje amerykański system R4, który w pracy z pacjentem odwołuje się do: rehabilitacji, reintegracji, rehabilitacji i elastyczności zachowania. System ten wykorzystuje wiele różnych form oddziaływań, m.in. EEG Biofeedback, który stale zyskuje na popularności [7].

Z analizy badań wynika, że skuteczność terapii Neurofeedback (NF) jest duża, nie tylko w zaburzeniach somatycznych czy neurologicznych, ale również w psychiatrycznych. Wśród tych ostatnich wymienia się: depresję, anoreksję, schizofrenię, nerwice, uzależnienia, ADD, ADHD, PTSD, chorobę Alzheimera [7]. Warunki pozytywnego wpływu terapii to poprawnie wykonane QEEG, właściwie dobrany protokół treningowy oraz określona liczba sesji [7–9].

Uwzględniając problemy w społecznym funkcjonowaniu osób chorych psychicznie oraz pozytywne wyniki terapii NF, zasadne wydaje się włączenie tej metody do systemu oddziaływań w rehabilitacji psychiatrycznej.

Cel

Niniejsze opracowanie ma na celu prezentację terapii Neurofeedback/NF – omówienie zasad jej realizacji, wpływu na usprawnianie pracy mózgu oraz możliwości zastosowania u pacjentów z rozpoznaniem zaburzeń psychicznych.

Metoda

Korzystając z wyszukiwarki PubMed oraz Scopus, dokonano przeglądu artykułów badających wpływ oraz efekty prowadzonej terapii u pacjentów leczonych psychiatrycznie z zastosowaniem terapii Neurofeedback. Na podstawie dostępnej literatury przedmiotu praca została podzielona na podrozdziały uwzględniające kolejno: 1) wzmocnienie synaptyczne i neuromodulację; 2) charakterystykę terapii Neurofeedback /NF; 3) zasady oddziaływania terapii Neurofeedback/NF ; 4) zastosowanie terapii Neurofeedback/NF w psychiatrii.

Wzmocnienie synaptyczne i neuromodulacja

Neuron jest podstawowym elementem układu nerwowego. W jego skład wchodzi ciało komórki, wypustki długie (aksony) oraz wypustki krótkie (dendryty). Dendryty przekazują informacje do ciała komórki, aksony z ciała do innych komórek i narządów wykonawczych. Komórki łączą się ze sobą poprzez synapsy chemiczne i elektryczne. W zależności od rodzaju neuroprzekaźnika synapsy chemiczne dzielą się na pobudzające lub hamujące [10–12].

Każda aktywność komórki wiąże się ze zmianą potencjału czynnościowego, której towarzyszy uwalnianie substancji przekaźnikowej. Intensywność sygnałów oraz możliwość łączenia się komórek na wiele sposobów (akso-dendrytyczne, akso-somatyczne, akso-aksoniczne) umożliwia ich modyfikację [8, 10–13].

Każda zmiana potencjału w błonie i tzw. proces bocznicowania (sproutingu) powoduje zmianę biochemiczną i anatomiczną, która jest podstawą synaptogenezy (neuromodulacji). Silne i systematyczne pobudzenia generują wzmocnienia i przyczyniają się do tworzenia nowych (tzw. *Long-Term Potentiation*– LTP), natomiast pobudzenia słabe nie inicjują długotrwałego wzmocnienia tzw. długotrwałej pamięci, a wartości podprogowe mogą ją nawet osłabiać [13–14].

W procesie neuromodulacji istotną rolę odgrywają dwa podstawowe układy generacji fal mózgowych: układ wzgórzowo-korowy, w którym dochodzi do procesów przetwarzania i selekcji bodźców oraz układ przegrody i hipokampu wraz z płacami czołowymi i wzgórzem, w którym następuje regulacja uwagi, koncentracji i pamięci [15]. Oba układy pozostają względem siebie zależne i tworzą tzw. pętlę sprzężenia zwrotnego (pobudzającą, hamującą). Ich funkcjonowanie wyraża aktywność kory mózgowej. Prawidłowa współpraca układów jest uwarunkowana stabilizacją i właściwą regulacją neurofizjologiczną. W sytuacji oddziaływania negatywnego bodźca zostaje zaburzona wewnętrzna homeostaza. Przykładem jest stres, który poprzez niepożądany wpływ na struktury i funkcje połączeń powoduje „destabilizację pętli” i w konsekwencji prowadzi do zmian generacji fal mózgowych [15–16].

Zatem jeżeli dysregulacja stanowi główny problem zaburzeń, to alternatywnym środkiem korygującym jest ich przywracanie. Neurofeedback oparty na autoregulacyjnych technikach treningowych zwiększa tę stabilność, przywraca wewnętrzną spójność, a poprzez systematyczne oddziaływania powoduje tworzenie się nowych obwodów neuronalnych [12, 15–17].

Charakterystyka terapii EEG Biofeedback/NF

Neurofeedback/NF jest nieinwazyjną techniką, która umożliwia modelowanie aktywności ludzkiego mózgu w oparciu o graficzny zapis generowanych fal elektrycznych wykorzystujących informację zwrotną [18–21]. Zapis rytmu fal stanowi dowód, że mózg wykonuje określoną czynność. Czynność ta, spontaniczna czy prowokowana, wynika z aktywności kory mózgu. Jej zapis rejestruje aparat EEG, specjalne oprogramowanie oraz algorytm transformaty Fouriera, który umożliwia rejestrację widmową [21–22].

Graficzna zmiana potencjału elektrycznego wyrażana jest częstotliwością i amplitudą fal. Świadczy ona o wyładowaniach komórek nerwowych generowanych w określonych odstępach czasu, które zapisywane są w jednostkach (Hz) określających liczbę cykli na sekundę. Cykle te noszą nazwę rytmu mózgowego lub prądu czynnościowego [9, 13–15, 23].

Obraz fal mózgowych odtwarza aktualny stan pacjenta, który ulega modyfikacji w zależności od stanu psychofizycznego. Stan pobudzenia powoduje wzrost częstotliwości fal, a rozluźnienie i odprężenie – ich spadek. Zaburzenia w ilości wytwarzanych fal prowadzą do ich mieszania się. Desynchronizacja skutkuje nieprawidłowym rytmem pracy mózgu, brakiem możliwości osiągnięcia minimum i maksimum pobudzenia między półkulami, a w konsekwencji zaburzoną współpracą między nimi [13].

Każda półkula koduje w odmienny sposób – lewa odpowiada za myślenie logiczne i procesy werbalne, prawa za myślenie całościowe i intuicyjne. Prawidłowa synchronizacja międzypółkulowa dowodzi występowania dwóch fal, w dwóch częściach kory mózgowej i osiągnięcia zbliżonego natężenia w podobnym czasie [13–15].

W NF wyróżniamy zakresy fal mózgowych: delta (0,5–4 Hz), theta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (>12 Hz), SMR (12–15 Hz), beta1 (15–18 Hz), beta2 (18 Hz) oraz gamma (40 Hz i powyżej) [15]. Wszystkie fale wytwarzane są jednocześnie, z określoną amplitudą i częstotliwością. Prawidłowe zakresy świadczą o synchronizacji generowanych fal i właściwym funkcjonowaniu mózgu, natomiast zakresy zbyt niskie lub zbyt wysokie sygnalizują zaburzenia [9]. Oceny zakresu fal dokonujemy, porównując wartości amplitud między lewą a prawą półkulą oraz między przednią a tylną częścią mózgu. Na podstawie zweryfikowanych wyników ustalamy zasady prowadzenia treningu (określamy próg). Przy wzmacnianiu niskich zakresów amplitud próg stymulacji ustalamy o 30% poniżej średniej wartości amplitudy, przy obniżaniu zaś wysokich zakresów amplitudy – o 30% powyżej średniej wartości [15]. W ten sposób promujemy fale pożądane (pozytywne) i tłumimy niepożądane (negatywne). Należy pamiętać, że w zaburzeniach obejmujących obie półkule trening rozpoczynamy na półkuli lewej, kierując się od pasa centralnego do przodu, od pasa centralnego do tyłu, nie wzmacniamy alfy w lewej okolicy czołowej, delty, thety, bety2 oraz tych fal, których amplituda przekracza górną granicę normy. Stymulacja fal pozytywnych i redukcja negatywnych jest podstawą terapii Neurofeedback. Jej zrozumienie opiera się na znajomości poszczególnych fal, ich wpływie na organizm i właściwym zastosowaniu w treningach. Poniżej zaprezentowano charakterystykę poszczególnych fal [15, 23].

Rytm alfa jest głównym, podstawowym rytmem rejestrowanym przede wszystkim w okolicy potylicznej. Występuje podczas skupienia, myślenia, przy zamkniętych oczach, przed zaśnięciem. W zakresie tego pasma odnotowuje się stan niski i wysoki. Stan niski (8–10 Hz) jest odpowiedzialny za utrzymanie równowagi oraz wewnętrznej świadomości, stan wysoki (10–13 Hz) sprzyja skupieniu i zwiększaniu kreatywności. Czynność alfa jest zwykle mniej lub bardziej symetryczna, większa amplituda występuje w półkuli niedominującej. Badania przeprowadzone przez Kamiya w 1978 roku udowodniły, że wzrost amplitudy fal alfa obniża poziom lęku i podnosi wydolność psychiczną. Podobne wyniki potwierdzają Trousselard, Yuan oraz Scheinostiwsp. [24–27].

Główną lokalizacją fal theta jest hipokamp, w którym generuje się ich elektryczna aktywność. Rytm ten jest odpowiedzialny za pamięć i kojarzenie. Występuje podczas snu i zlokalizowany jest symetrycznie. Jego brak wskazuje na strukturalne uszkodzenie mózgu, z kolei nadmiar w płacie czołowym świadczy o problemach z koncentracją i uwagą (ADD, ADHD, depresja, padaczka) [7].

Fale delta są zsynchronizowane i najwolniejsze. Występują podczas głębokiego snu, w czasie regeneracji organizmu, uwalniania do krwi hormonu wzrostu (GH), hormonu sterydowego DHEA oraz melatoniny odpowiedzialnej za regulację tzw. zegara biologicznego. Rejestrowanie tych fal podczas czuwania oznacza obecność zmian patologicznych. Im niższa jest ich amplituda, tym cięższe uszkodzenie. U dzieci, osób starszych oraz młodzieży występowanie fal delta nie oznacza nieprawidłowości [15, 23].

Fale beta mają charakter rytmiczny, występują głównie w okolicy centralnej płata czołowego, są wyrazem odbioru bodźców ze świata zewnętrznego [10, 11, 15]. Ich zwiększona amplituda pojawia się podczas stosowania niektórych leków (barbiturany, trójpierścieniowe leki przeciwdepresyjne), obniżona zaś pojawia się pod wpływem bodźców ruchowych. Wyraźna różnica w zakresie amplitudy tych fal w półkulach wskazuje na asymetrię, która świadczy o procesie chorobowym; podwyższenie obserwowane jest po kraniotomii, w diagnostyce guza, natomiast obniżenie występuje po udarze i podczas zbierania się płynu podtwardówkowego [13, 28]. Zakres fal beta w NF dzieli się na niski, średni i wysoki [15].

Niska beta określana jest jako rytm sensomotoryczny (SMR) lub fala czuciowo-ruchowa. W 1971 roku Sterman wykazał, że poprzez wzmacnianie fal SMR możliwa jest redukcja objawów padaczki oraz przywracanie zdolności organizmu do homeostazy. Niską SMR obserwujemy u osób z deficytem uwagi (ADD) oraz nadpobudliwością (ADHD). Stosując terapię NF opartą na protokołach podwyższania niskiego beta, porządkujemy wyżej wymienione deficyty [29–30].

Beta1 odpowiada za logiczne myślenie, koncentrację, pamięć, stan emocjonalny. Jest najczęściej stosowaną falą w treningach Neurofeedback.

Beta2 charakteryzuje osoby, które odczuwają niepokój lub zdenerwowanie, sesje w zakresie tego pasma powinny być zatem prowadzone ostrożnie.

Fale gamma, odkryte stosunkowo niedawno, mają najwyższą częstotliwość, obecne są w całym mózgu i prawdopodobnie wiążą się z przeżywaniem silnych emocji oraz procesami kojarzeniowymi [14, 31].

W zakresie wymienionych fal mogą występować zapisy nieprawidłowe (ostre lub tzw. iglice), które zawsze wymagają konsultacji specjalisty [10, 11, 23].

Zasada oddziaływania EEG Biofeedback/NF

Zasadą treningu Neurofeedback jest wprowadzenie półkuli dominującej w stan beta1, a półkuli niedominującej w stan SMR z jednoczesnym hamowaniem theta i beta2. Oddziaływania te umożliwiają przywrócenie równowagi pomiędzy półkulami i zachowanie wewnętrznej homeostazy.

Podstawowym protokołem stosowanym w treningu NF jest trening SMR/theta, SMR/delta oraz beta1/delta i beta1/theta [30, 32]. W tym wypadku fale SMR i beta1 są

pobudzane, a theta i delta hamowane. Odmienny protokół stosujemy podczas treningu relaksacyjnego, gdzie sesje dotyczą treningu alfa/theta, który umożliwia wprowadzenie badanego w stan relaksu [15,].

W EEG Biofeedback dążymy do stymulacji fal alfa, SMR i beta1 oraz hamowania fal wolnych: delta, theta oraz beta2. Wyjątkiem jest ADHD i ADD, gdzie hamowane są fale alfa [29, 33, 34].

Promowania i hamowania fal dokonujemy za sprawą gier stymulacyjnych, które zawierają odpowiednio dostosowane elementy sterowane podporządkowane określonemu kierunkowi zmian. Opis sterowania realizowany jest na podstawie zakresów częstotliwości fal mózgowych oraz amplitudy, zależnych od wieku i rozpoznania klinicznego, które ustala osoba prowadząca trening w oparciu o badanie wstępne – tzw. ilościowe EEG, czyli QEEG (oczy otwarte i zamknięte) [18].

Ilościowe QEEG wymaga precyzyjnej analizy, albowiem stanowi bazę wyjściową w realizacji treningów. Bezwzględnie wymagane jest usunięcie artefaktów (mruganie oczami, rozglądanie się na boki, napinanie mięśni), gdyż powodują one nieprawidłowy zapis i błędną analizę, a w konsekwencji źle dobrany protokół ćwiczeń. Weryfikacji dokonujemy na podstawie standardowych zależności: $D > T > A > SMR > \text{Beta}1 > \text{Beta}2$ i norm parametrów EEG Biofeedback według Stermana lub Tyla [15,18].

Przy dobieraniu gier pod względem parametrów (dwa lub trzy) kierujemy się ustaleniem rytmu promowanego i hamowanego w oparciu o wykonane wcześniej ilościowe QEEG. Rytmem promowanym jest zawsze pierwszy parametr sterujący protokołu, który skojarzony jest z pierwszym elementem sterowanym planszy. Rytmu hamowane dotyczą kolejnego lub dwóch pozostałych elementów. Uzyskanie pożądanego efektu w terapii jest zależne od właściwie zdefiniowanego protokołu oraz precyzyjnie dobranej liczby treningów i rund w sesji [35].

Najnowsze badania wskazują, że pozytywne rezultaty osiągnąć można w przypadku zaburzeń snu (5–7 sesji), ADHD (40–60 sesji) i dysfunkcji mózgu (40–80 sesji) [18, 34, 35].

Zastosowanie EEG Biofeedback w psychiatrii

Neurofeedback/NF jest popularną terapią łączoną z innymi lub wykonywaną samodzielnie. Znajduje zastosowanie w leczeniu: ADHD, depresji, stanów lękowych, dysgrafii, dysleksji, agresji, autyzmu, urazów głowy, padaczki, zaburzeń snu, anoreksji, nerwicy, schizofrenii, SM, choroby Parkinsona [18, 19, 36–40]. Potwierdzają to liczne prace naukowe, z których wynika, że rozważenie tej formy terapii jako uzupełniającej w modelu rehabilitacji psychiatrycznej jest zasadne.

Wielu autorów podkreśla, że pacjenci z zaburzeniami psychicznymi wykazują duże deficyty w zakresie aktywności określonych obszarów mózgu, które powodują trudności w codziennym funkcjonowaniu. Zaburzenia strukturalne i funkcjonalne obejmują głównie korę czołową, przedczołową, zakręt obręczy, płaty skroniowe oraz struktury środkowe i limbiczne [41–42]. Najistotniejsze są te związane z okolicą czołową i przedczołową, albowiem odpowiadają za pamięć operacyjną, przetwarzanie informacji, myślenie abstrakcyjne, planowanie i funkcje wykonawcze. Zaburzenia

w tym zakresie powodują trudności w codziennym rozwiązywaniu problemów, co skutkuje pogorszeniem ogólnego funkcjonowania społecznego dotkniętych nimi osób [43]. Rybakowski [41] podkreśla, że na dysfunkcje poznawcze, uwagę oraz pamięć ma wpływ zaburzony ruch gałek ocznych występujący u ok. $\frac{3}{4}$ pacjentów chorych na schizofrenię. Podobne wnioski formułują także Rosse i wsp. [44].

Minimalizacja zaburzeń jest możliwa dzięki oddziaływaniom, które są realizowane zarówno w szpitalu, jak i poza nim. Uwzględniają one szereg interwencji: aktywność fizyczną, trening umiejętności społecznych, trening w zakresie komunikacji, trening interpersonalny, oddziaływania artystyczne, integracyjne, naukę aktywnego udziału pacjentów w leczeniu farmakologicznym. Niewątpliwie ich zaletą jest optymalna pomoc, ale wydaje się, że skupia się ona na objawach wtórnych. Zachowania oraz mechanizmy poznawcze pacjentów pozostają takie same, a „podejście tunelowe” koncentruje się głównie na aktualnej sytuacji [1–6, 45].

Nowe technologie, wśród których wymienia się NF, umożliwiają inną, nowoczesniejszą rehabilitację, która uwzględnia podejście holistyczne, a więc koncentruje się nie tylko na celach, potrzebach, problemach, ale również na mechanizmach autoregulacyjnych jako zasobach własnych pacjenta. Ostatnie kompleksowe badania potwierdzają skuteczność tej formy terapii behawioralnej i w dalszej perspektywie rekomendują możliwość jej wykorzystania. W niniejszym opracowaniu nie sposób omówić szerokiego jej zastosowania, ale uwzględnienia wymagają te prace, w których udowodniono jej pozytywny wpływ, szczególnie u pacjentów z zaburzeniami psychicznymi.

Analiza dostępnych publikacji i przeprowadzone badania stanowią podstawę do stwierdzenia, że skuteczność stosowania terapii NF jest wysoka. Podkreśla to wielu autorów, w tym Trousselard i Scheinost i wsp., którzy uważają, że regulacja fal mózgowych obniża poziom lęku, niepokoju i stresu, a więc tych objawów, z którymi pacjenci chorzy psychicznie mają często problemy [24, 26, 46]. Podobne wnioski prezentuje Larsen, który twierdzi, że wdrożenie terapii Neurofeedback/NF to pożądany kierunek terapii w wypadku chorych, którzy nie reagują właściwie na farmakoterapię i psychoterapię. Autor uważa, że NF stanowi dla nich alternatywę, która pozytywnie prognozuje w rehabilitacji [46].

Uwzględniając te pozytywne doniesienia, należy podkreślić, że nie zawsze oferowane pacjentom usługi neuror rehabilitacyjne przynoszą oczekiwane efekty. W ich doborze należy zawsze uwzględniać możliwości pacjenta i tak określać formy oddziaływań, aby wywoływały one spodziewany skutek. Stoeckel i wsp. uważają, że odpowiednio dobrane metody neuroterapeutyczne to warunek usprawnienia funkcji poznawczych, to usprawnienie ogólnego poziomu funkcjonowania, to zaindukowanie procesu transformacji funkcji mózgu [47, s 253]. Koush i wsp. podkreślają, że „trening mózgu” to nic innego jak pozytywnie nabyty zwrotny efekt behawioralny, który poprzez ćwiczenia wizualno-wzrokowe usprawnia funkcje psychiczne i rozbudowuje sieć funkcjonalną mózgu [20].

Birbaumer i Mathiak porównują samoregulację NF do procesu uczenia się i warunkowania instrumentalnego, który zapoczątkował Thorndike – nie zawsze świadomego, ale opartego na wzmacnianiu określonych zachowań i ich nagradzaniu [48, 49]. Autorzy twierdzą, że w proces ten angażuje się układ dopaminergiczny, który

odgrywa szczególną rolę w kodowaniu szlaku nagrody (istota czarna-SN/obszar nakrywki-VTA). Podobne stanowisko prezentują Sulzer i wsp., którzy dodatkowo podkreślają wyjątkową zdolność do samoregulacji SN/VTA. Wnioski prezentują na podstawie dodatniej korelacji z przewodnictwem skóry (GSR) i emocjonalnym pobudzeniem. Według Sulzera i wsp. korelacja stanowi dowód pozytywnego wpływu terapii Neurofeedback i hipotetycznej możliwości „kontrolni nad wydzielaniem endogennej dopaminy” [50, s. 822].

Interesujące wnioski na podstawie badań prezentują Rota i wsp., którzy twierdzą, że trening aktywizacji okolicy czołowej prawego dolnego zakrętu mózgu w oparciu o NF ma pozytywny wpływ na modulowanie mowy oraz sposobu jej przetwarzania [51]. Autorzy uważają, że w wyniku prowadzonych treningów następuje wyraźna poprawa w zakresie porządkowania obszaru Brodmanna (BA45), którą potwierdza badanie f-MRI. Podobne zależności obserwują Ruiz i wsp. [52]. Według nich NF ma duże znaczenie w prawidłowej percepcji emocji u osób ze zdiagnozowaną schizofrenią, z kolei Naimijoo i wsp. podkreślają wpływ NF na funkcje wykonawcze [32].

Modulację korowo-podkorową w oparciu o Neurofeedback w grupie osób z chorobą Parkinsona potwierdzają badania Subramaniana i wsp. [53]. Autorzy dowodzą, że pod wpływem treningów poprawie ulegają funkcje ruchowe. Wśród osób poddawanych oddziaływaniom NF zaobserwowano 37% wzrost funkcji motorycznych okolic podwzgórza i gałki bladej w porównaniu z grupą, która nie była poddawana takim oddziaływaniom. Uzyskane przez Subramaniana i wsp. dane potwierdzają analizy przeprowadzone z użyciem skali Unified Parkinson's Disease Rating Scale, analiza objawów klinicznych oraz kontrolne badania f-MRI.

Wiele publikacji podkreśla istotny wpływ terapii NF na przebieg leczenia depresji. Z badań Yuana i wsp. [25] wynika, że treningi NF oddziałują na funkcjonowanie ciała migdałowatego i powodują zwiększenie jego aktywności. Autorzy porównali wyniki 27-osobowej grupy pacjentów z rozpoznaniem depresji poddawanej treningom z grupą osób zdrowych. Stwierdzili, że oddziaływania EEG Biofeedback powodują u osób chorych poprawę łączności skroniowych regionów kory z hipokampem oraz ciałem migdałowatym, a aktywny trening NF wzmacnia regulację emocjonalną i obniża poziom nasilenia objawów choroby. Konstatacje te potwierdzają również Choi i wsp., według których wzmacnianie aktywności fal alfa u osób z rozpoznaniem depresji poprawia ich emocjonalne, behawioralne i poznawcze funkcjonowanie [54]. Autorzy ci podkreślają, że wzrost tych fal w okolicy czołowej prawej prowadzi do złagodzenia objawów, pozytywnie wpływa na emocje i usprawnia funkcje kognitywne. Podobne wnioski prezentuje Gruzelier, który akcentuje pozytywny wpływ fal alfa i theta na obniżenie poziomu lęku w zespole PTSD i depresji [55].

Pojawiły się też ciekawe publikacje na temat zastosowania NF u osób starszych. Angelakis i Becerraze wsp. wskazują na związek pomiędzy warunkowaniem instrumentalnym NF a aktywnością mózgu w tej grupie pacjentów. Autorzy ci zauważają, że wzrost częstotliwości rytmu alfa pozytywnie wpływa na funkcje poznawcze badanych, co w przyszłości może być obiecującą techniką ich modulowania i wykorzystania [56, 57]. Podobne rezultaty uzyskał Wang, który dodatkowo potwierdza poprawę funkcji pamięci roboczej u tych osób [58].

Podsumowując niniejsze opracowanie, należy uznać, że Neurofeedback/NF może w przyszłości stanowić ważny element terapii w kompleksowej rehabilitacji psychiatrycznej. Systematyczne stosowanie treningów może pomóc osobom z zaburzeniami psychicznymi w przywracaniu im sprawności, zarówno poznawczej, jak i ogólnospołecznej [59].

Wnioski

1. Neurofeedback/NF jako innowacyjna metoda regulacji aktywności fal mózgowych ma zastosowanie w rehabilitacji psychiatrycznej.
2. Istnieje związek pomiędzy oddziaływaniami EEG Biofeedback a modulacją stanu psychofizjologicznego.
3. Warunkowanie instrumentalne oparte na NF powoduje zmiany morfologiczno-czynnościowe w obrębie dendrytów związane z neuroplastycznością mózgu.
4. Zwiększona liczba wytwarzanych potencjałów czynnościowych powoduje tworzenie się nowych chemicznych połączeń synaptycznych.
5. Neurostymulacja jako model rehabilitacji psychiatrycznej zwiększa indywidualne możliwości chorego i poprawia jego społeczne funkcjonowanie.
6. Kompleksowa rehabilitacja psychiatryczna uwzględnia: farmakoterapię, pomoc psychologiczną, oddziaływania środowiskowe oraz neurostymulacyjne/regulacyjne.

Piśmiennictwo

1. Cechnicki A. *Rehabilitacja*. W: Wciórka J, Pużyński S, Rybakowski J red. *Psychiatria. Metody leczenia. Zagadnienia etyczne, prawne, publiczne, społeczne*. Wrocław: Elsevier Urban & Partner; 2011.
2. Kabanow M. *Rehabilitacja chorych psychicznie*. Warszawa: PZWL; 1974.
3. Meder J. *Aktywny udział pacjentów w leczeniu farmakologicznym*. Warszawa; 1995.
4. Cechnicki A. *Rehabilitacja psychiatryczna – cele i metody*. *Psychiatria w Praktyce Klinicznej*. Via Medica 2009; 2(1): 41–54.
5. Meder J. *Treningi umiejętności społecznych. Uwagi ogólne*. W: Meder J, red. *Treningi umiejętności społecznych w rehabilitacji zaburzeń psychicznych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar; 1996; s. 6–17.
6. Cichocki Ł. *Psychiatria środowiskowa, czyli jak przywrócić chorego na schizofrenię społeczeństwu*. *Świat Med. Farm.* 2010; (3): 60–66.
7. Giedzińska-Simons A. *On integrating an integrative: Implications for implementing a Biofeedback Program into an Inpatient Rehabilitation Hospital*. *Biofeedback* 2014;42.
8. Rusek G, Warszawska E, Wyszomiński P. *ABC...Biofeedback*. Warszawa: Wydawnictwo Medico-Brain, Centrum Rozwoju Mózgu; 2009.
9. Rowan A, Tolunsky E. *Podstawy EEG z mini-atlasem*, wyd. pol. red. A. Sobieszek. Wrocław: Wydawnictwo Urban & Partner; 2004.
10. Traczyk W. *Diagnostyka czynnościowa człowieka*. Warszawa: Wydawnictwo PZWL; 1999.

11. Konturek S. *Fizjologia człowieka*, t. IV: *Neurofizjologia*. Kraków: Wydawnictwo UJ; 1998.
12. Nolte J. *Mózg człowieka*. Wrocław: Elsevier Urban & Partner; 2011.
13. Kossut M. *Mechanizmy plastyczności mózgu*. Warszawa: Wydawnictwo PZWL; 1993.
14. Raudzis D. *Biofeedback*. Praca magisterska, Politechnika Opolska, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii. Opole; 2009.
15. Smyk K, Smyk K. *Teoria i praktyka terapii Neurofeedback. Materiały szkoleniowe Ośrodka Kształcenia Medycznego AKSON*; 2015.
16. Othmer S, Othmer SF, Kaiser DA, Putman J. *Endogenous neuromodulation at infra-slow frequencies*. *Semin. Pediatr. Neurol.* 2014; 20(4): 246–257.
17. Moryś J, Telbert D, Young PA, Tolbert DL. *Neuroanatomia kliniczna*. Wrocław: Edra Urban & Partner; 2016.
18. Hammond DC. *What is Neurofeedback?* *Journal of Neurotherapy* 2006;10(4): 24–36.
19. Fovet T, Jardri R, Linden D. *Current issues in the use of fMRI-Based Neurofeedback to Relieve Psychiatric Symptoms*. *Curr. Pharm. Des.* 2015; 21(23): 3384–3394.
20. Koush Y, Rosa MJ, Robineau F, Heinen K, Rieger S, Weiskopf Niwsp. *Connectivity-based neurofeedback: Dynamic causal modeling for real-time fMRI*. *Neuroimage* 2013;1(81): 422–430.
21. Fetz EE. *Volitional control of neural activity: Implications for brain-computer interfaces*. *J. Physiol.* 2007; 15: 571–579.
22. Weiskopf N. *Real-time fMRI and its application to neurofeedback*. *Neuroimage* 2012; 15; 62(2): 682–692.
23. Majkowski J. *Elektroencefalografia kliniczna*. Warszawa: PZWL; 1989.
24. Trousselard M, Canini F, Claverie D, Cungi C, Putois B, Franck N. *Cardiac Coherence Training to reduce anxiety in remitted schizophrenia, a pilot study*. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback* 2016; 41(1): 61–69.
25. Yuan H, Young KD, Phillips R, Zotev V, Misaki M, Bodurka J. *Resting-state functional connectivity modulation and sustained changes after real-time functional magnetic resonance imaging neurofeedback training in depression*. *Brain Connect.* 2014; 4(9): 690–701.
26. Scheinost D, Stoica T, Saksa J, Papademetris X, Constable RT, Pittenger C i wsp. *Orbitofrontal cortex neurofeedback produces lasting changes in contamination anxiety and resting-state connectivity*. *Transl. Psychiatry* 2013; 30(3): 250.
27. Scheinost D, Stoica T, Wasyluk S, Gruner P, Saksa J, Pittenger C i wsp. *Resting state functional connectivity predicts neurofeedback response*. *Front. Behav. Neurosci.* 2014; 24(8): 338.
28. Ciechan A. *Zastosowanie badań elektroencefalograficznych w diagnostyce chorób układu nerwowego*. *Neurokogniwytyka w patologii i zdrowiu*. 2009; s. 43–54.
29. Meisel V, Servera M, Garcia-Banda G, Cardo E, Moreno I. *Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: A randomized controlled trial with six-month follow-up*. *Biol. Psychol.* 2013; 94(1): 12–21.
30. Escolando C, Navarro-Gil M, Garcia-Campayo J, Congedo M, Minguez J. *The effects of individual upper alpha neurofeedback in ADHD: An open-label pilot study*. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback* 2014; 39(3–4): 193–202.
31. Aru J, Axmacher N, Do Lam A, Fell J, Elger CE, Singer W i wsp. *Local category-specific gamma band responses in the visual cortex do not reflect conscious perception*. *J. Neurosci.* 2012; 32(34): 14909–14914.

32. Naimijoo P, Rezaei O, Feizzadeh Z. *Neurofeedbacktraining in schizophrenia: A study on executive functioning*. Natural and Social Sciences 2015; 4(1): 106–116.
33. Heinrich H, Busch K, Studer P, Erbe K, Moll GH, Kratz O. *EEG spectral analysis of attention in ADHD: Implications for neurofeedback training?* Front. Hum. Neurosci. 2014; 21(8): 611.
34. Kubik A, Bogotko-Szarszewska M, Tutaj M, Laski S. *Electroencephalography in children with ADHD started with neurofeedback therapy*. Prz. Lek. 2010; 67(9): 677–681.
35. Demos JH. *Getting started with Neurofeedback*. New York: W.W., Norton & Co; 2005.
36. Hou JH, Zhang Y, Xu C. *Electroencephalographic biofeedback for the treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children*. Zhongguo Dang Dai ErKeZaZhi. 2008;10(6): 726–727.
37. Baruth J, Casanova MF, Sears L, Sokhadze E. *Early-stage visual processing abnormalities in high-functioning autism spectrum disorder (ASD)*. Transl. Neurosci. 2010;1(2): 177–187.
38. Coben R, Linden M, Myers TE. *Neurofeedback for autistic spectrum disorder: A review of the literature*. Appl. Psychophysiol. Biofeedback 2012; 35(1): 83–105.
39. Baehr E, Rosenfeld JP, Baehr R. *The clinical use of an alpha asymmetry protocol in the neurofeedback treatment of depression: Two case studies*. Journal of Neurotherapy 1997; 2(3): 10–23.
40. Cantor DS, Stevens E. *QEEG correlates of auditory-visual entrainment treatment efficacy of refractory depression*. Journal of Neurotherapy 2009; 13(2): 100–108.
41. Rybakowski J. *Patogeneza schizofrenii*. Post. Psychiatr. Neurol. 1998; 7: 141–151.
42. Goldman-Rakic P. *Prefrontal cortical disfunction in schizophrenia: The relevance of working memory*. W: Barret CBJ. red. *Psychopathology and the brain*. New York: Raven Press; 1991.
43. Green MF. *Schizophrenia from a neurocognitive perspective*. Allyn and Bacon; 1998.
44. Rosse RB, Malhotra AK, Kim SY, Deutsch ST. *Visual fixation deficits and evidence of cognitive impairment in schizophrenia*. Biol. Psychiatry 1992; 31: 412–414.
45. Beck AT, Wright FD, Newman CF, Liese BS. *Terapia poznawcza uzależnień*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego; 2007.
46. Larsen S, Sherlin L. *Neurofeedback: An emerging technology for treating central nervous system dysregulation*. Psychiatr. Clin. North Am. 2013; 36(1): 163–168.
47. Stoeckel L, Garrison K, Ghosh S, Wighton P, Hanlon CA, Gilman JM i wsp. *Optimizing real time fMRI neurofeedback for therapeutic discovery and development*. Neuroimage Clin. 2014; 5: 245–255.
48. Birbaumer N, Ruiz S, Sitaram R. *Learned regulation of brain metabolism*. Trends Cogn. Sci. 2013; 17(6): 295–302.
49. Mathiak KA, Koush Y, Dyck M, Gaber TJ, Alawi E, Zepf FD i wsp. *Social reinforcement can regulate localized brain activity*. Eur. Arch. Psychiatry Clin. Neurosci. 2010; 260(2): 132–136.
50. Sulzer J, Sitaram R, Blefari ML, Kollias S, Birbaumer N, Stephan KE i wsp. *Neurofeedback-mediated self-regulation of the dopaminergic midbrain*. Neuroimage 2013; 83: 817–825.
51. Rota G, Sitaram R, Veit R, Erb M, Weiskopf N, Dogil G i wsp. *Self-regulation of regional cortical activity using real-time fMRI: The right inferior frontal gyrus and linguistic processing*. Hum. Brain Mapp. 2009; 30(5): 1605–1614.
52. Ruiz S, Lee S, Soekadar SR, Caria A, Veit R, Kircher T i wsp. *Acquired self-control of insula cortex modulates emotion recognition and brain network connectivity in schizophrenia*. Hum. Brain Mapp. 2013; 34(1): 200–212.

53. Subramanian L, Hindle JV, Johnston S, Roberts MV, Husain M, Goebel R i wsp. *Real-time functional magnetic resonance imaging neurofeedback for treatment of Parkinson's disease*. J. Neurosci. 2011; 9; 31(45): 16309–16317.
54. Choi S, Chi S, Chung S, Kim JW, Ahn CY, Kim HT. *Is alpha wave neurofeedback effective with randomized clinical trials in depression? A pilot study*. Neuropsychobiology 2011; 63(1): 43–51.
55. Gruzelier J. *A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration*. Cogn. Process 2009; 10: 101–109.
56. Angelakis E, Stathopoulou S, Frymiare JL, Green DL, Lubar JF, Kounios J. *EEG neurofeedback: A brief overview and an example of peak alpha frequency training for cognitive enhancement in the elderly*. Clin. Neuropsychol. 2007; 21(1): 110–129.
57. Becerra J, Fernández T, Roca-Stappung M, Díaz-Comas L, Galán L, Bosch J i wsp. *Neurofeedback in healthy elderly human subjects with electroencephalographic risk for cognitive disorder*. J. Alzheimers Dis. 2012; 28(2): 357–367.
58. Wang JR, Hsieh S. *Neurofeedback training improves attention and working memory performance*. Clin. Neurophysiol. 2013; 124(12): 2406–2420.
59. Zotev V, Phillips R, Yuan H, Misaki M, Bodurka J. *Self-regulation of human brain activity using simultaneous real-time fMRI and EEG neurofeedback*. Neuroimage 2014; 85(3): 985–995.

Adres: Renata Markiewicz
Uniwersytet Medyczny w Lublinie
Zakład Pielęgniarstwa Psychiatrycznego
20-124 Lublin, ul. Szkolna 18

Otrzymano: 1.08.2016
Zrecenzowano: 3.11.2016
Otrzymano po poprawie: 10.01.2017
Przyjęto do druku: 10.02.2017