

GDAŃSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY

mgr Magdalena Pinkowicka

**WPLYW TRENINGU EEG-BIOFEEDBACK NA POPRAWĘ
WYBRANYCH FUNKCJI POZNAWCZYCH U DZIECI Z ADHD**

Rozprawa doktorska

Promotor dr hab. n. med. Andrzej Frydrychowski, prof. nadzw.

Gdańsk, 2015

SPIS TREŚCI

OBJAŚNIENIE SKRÓTÓW	3
1. WSTĘP	5
1.1. Wprowadzenie do problematyki	5
1.2. ADHD- diagnoza, przyczyny zaburzeń	9
1.2.1. Metody terapii dzieci z ADHD	13
1.3. Aktywność bioelektryczna mózgu i badanie EEG	16
1.4. Aktywność bioelektryczna mózgu a procesy poznawcze	19
1.4.1. Uwaga jako moderator procesów pamięciowych	22
1.4.2. Neuroplastyczność mózgu	25
1.5. Trening EEG-Biofeedback – podstawowe założenia	27
1.6. Trening EEG-Biofeedback w praktyce klinicznej - przykłady zastosowania	33
2. CEL I PRZEDMIOT BADAŃ	44
2.1. Hipotezy Badawcze	44
3. METODOLOGIA BADAŃ WŁASNYCH	46
3.1. Metoda badań	46
3.2. Charakterystyka badanej populacji dzieci	46
3.3. Narzędzia badawcze	48
3.4. Przebieg treningu EEG-Biofeedback	51
4. WYNIKI BADAŃ	58
5. DYSKUSJA	90
6. WNIOSKI	101
7. STRESZCZENIE	103
8. PIŚMIENNICTWO	107
9. SPIS TABEL	120
10. SPIS RYSUNKÓW	121
11. ZAŁĄCZNIKI	122

OBJAŚNIENIE SKRÓTÓW

ADHD – (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*) Zespół Nadpobudliwości Psychoruchowej z Deficytem Uwagi według klasyfikacji DSM-IV

ADHD-RS - (*ADHD Rating Scale IV*) Skala Nadpobudliwości Psychoruchowej z Deficytem Uwagi – wersja dla rodziców, jest to skala pomocna zarówno w diagnozowaniu ADHD u dzieci i młodzieży, jak i ocenie odpowiedzi na leczenie

APA – (*American Psychiatric Association*) Amerykańskie Towarzystwo Psychiatryczne

C3, C4, Cz - punkty na korze mózgowej według systemu 10/20

CGI – (*Clinical Global Impression*) Skala Ogólnej Oceny Klinicznej

DSM IV - (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*) – klasyfikacja Zaburzeń Psychiczych Amerykańskiego Towarzystwa Psychiatrycznego

D2 test- test do badania uwagi Rolfa Brickenkampa

EEG – Elektroencefalografia

EEG-Biofeedback - to uczenie się, oparte na warunkowaniu instrumentalnym (pożądane zachowanie jest nagradzane), poprzez podawanie osobie trenującej sygnałów zwrotnych o zmianach stanu fizjologicznego jej organizmu, dzięki czemu może ona nauczyć się świadomie modyfikować funkcje (w tym przypadku fale mózgowe), które normalnie nie są kontrolowane świadomie.

fMRI - (*Functional Magnetic Resonance Imaging*) funkcjonalny rezonans magnetyczny

ICD-10 (*International Statistical Classification of Diseases and Health Related Problems*) Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób i Przyczyn Zgonów

LTP – (*Long Term Potentiation*) długotrwałe wzmocnienie synaptyczne

LTD – (*Long Term Depression*) długotrwałe osłabienie synaptyczne

Neurofeedback- EEG-Biofeedback

ODD- (*Oppositional Defiance Disorder*) zaburzenia opozycyjno-buntownicze

PET – (*Positron Emission Tomography*) pozytonowa tomografia emisyjna

RAVLT - (*Rey Auditory Verbal Learning Test*) test 15 Słów Reya

SMR – (*Sensorimotor rhythm*) rytm sensomotoryczny (12-15 Hz)

SPECT – (*Single-Photon Emission Computed Tomography*), technika tomografii z dziedziny medycyny nuklearnej, która przy użyciu promieniowania gamma umożliwia tworzenie obrazu przestrzennego aktywności biologicznej dowolnego obszaru ciała pacjenta

Skala Connersa (*The Conners Rating Scale Revised*)- służy do diagnostyki przesiewowej ADHD oraz do monitorowania przebiegu leczenia ADHD. Istnieją wersje dla rodziców i nauczycieli.

T.O.V.A – (*Test of Variables of Attention*) - Test Zmienności Uwagi

QEEG – (*Quantitative EEG*) ilościowe badanie EEG, umożliwia badanie funkcjonowania mózgu w warunkach spoczynku, jak również podczas wykonywania różnego rodzaju zadań

WISC IV- (*Wechsler Intelligence Scale for Children*) Skala Inteligencji Wechslera dla dzieci

Skróty zastosowane w metodologii badań

WZ - Ogólna liczba opracowanych liter

B - Liczba popełnionych błędów

B% - Procent popełnionych błędów

GP - Różnica pomiędzy maksymalną i minimalną ilością opracowanych liter

WZ-B - Ogólna zdolność spostrzegania

ZK - Zdolność koncentracji

Błd-1 - Liczba błędów w pierwszym przedziale czasowym

Błd-2 - Liczba błędów w drugim przedziale czasowym

Błd-3 - Liczba błędów w trzecim przedziale czasowym

SC - Suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach

SR - Suma słów powtórzonych w pięciu próbach

SF - Suma słów zmyślonych w pięciu próbach

dWZ - Różnica pomiędzy WZ-po oraz WZ-przed

dB - Różnica pomiędzy B-po oraz B-przed

dB% - Różnica pomiędzy B%-po oraz B%-przed

dGP - Różnica pomiędzy GP-po oraz GP-przed

dWZ-B – Różnica pomiędzy WZ-B-po oraz WZ-B-przed

dZK - Różnica pomiędzy ZK-po oraz ZK-przed

dBłd1 - Różnica pomiędzy Błd1-po oraz Błd1-przed

dBłd2 - Różnica pomiędzy Błd2-po oraz Błd2-przed

dBłd3 - Różnica pomiędzy Błd3-po oraz Błd3-przed

dSC - Różnica pomiędzy SC-po oraz SC-przed

dSR - Różnica pomiędzy SR-po oraz SR-przed

dSF - Różnica pomiędzy SF-po oraz SF-przed

1. WSTĘP

W prowadzenie do problematyki

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder- ADHD*) jest najczęściej występującym zaburzeniem psychicznym okresu dzieciństwa. Objawia się zaburzeniami koncentracji uwagi, nadmierną impulsywnością i nadruchliwością. Uważa się, że ADHD występuje u 3-10% populacji ogólnej [89] i u 4-8% dzieci w wieku wczesnoszkolnym (6–9 lat), głównie u chłopców, niezależnie od rasy i kultury. Następnie częstość występowania zmniejsza się o 50% na każde kolejne 5 lat, jednakże u 60% dorosłych utrzymują się niektóre lub wszystkie cechy zespołu (zwłaszcza dotyczące deficytów uwagi). Szacuje się, iż w USA około 10 % chłopców w wieku 10 lat z diagnozą ADHD przyjmuje substancje stymulujące mózg (metylofenidat lub amfetaminę) [20]. Badania wykazały, iż u dzieci z ADHD występuje 10-krotny wzrost ryzyka występowania osobowości antyspołecznej, z kolei u dorosłych z ADHD obserwuje się 4-6 krotny wzrost ryzyka uzależnienia od leków w porównaniu z populacją ogólną [19].

Dzieci z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej często posiadają trudności w nauce i wykazują zaburzenia zachowania. Amerykańskie Towarzystwo Psychiatryczne (APA) w ramach kryteriów DSM IV wyodrębniło cztery rodzaje trudności w nauce, mianowicie: trudności z czytaniem, z matematyką, z wypowiedziami pisemnymi oraz trudności nieokreślone w inny sposób. W sferze zaburzeń zachowania wyróżniono: zaburzenia opozycyjno – buntownicze, zaburzenia postępowania oraz antyspołeczne zaburzenie osobowości. Szacuje się, iż około 50 % dzieci z ADHD ma zaburzenia zachowania. Osobną kategorią dysfunkcji, które dotyczą dzieci z ADHD są m.in. zaburzenia lękowe, zaburzenia obsesyjno-kompulsywne, zaburzenia ze spektrum autystycznego czy depresja [52].

Trudności w nauce u dzieci z ADHD, dotyczą w szczególności problemów z pamięcią wynikających z problemów z uwagą. Badania R.Gomez i wsp. (2014) wykazały, że blisko 84% dzieci z ADHD może wykazywać jednoczesne trudności z pamięcią roboczą (z czasowym przechowywaniem i kontrolą informacji wzrokowo-przestrzennych) oraz z przetwarzaniem informacji, które wymagają wyższego poziomu

nadzorowania i koordynowania tymczasowego przechowywania oraz kontroli informacji werbalnej i wzrokowo-przestrzennej, a także ich interakcji z pamięcią długotrwałą. Wyniki badań APA, dotyczące pamięci roboczej u dzieci z ADHD wykazały wysoki stopień niejednorodności w jej wydajności [25]. Na problemy z koncentracją uwagi, u dzieci dotkniętych tym zaburzeniem składają się m.in. szybka pobieżna praca, popełnianie dużej liczby błędów, wolne tempo pracy, słaba motywacja do wysiłku psychicznego [106]. Cechy uwagi osłabione u osób z ADHD to: selektywność – zdolność do wyboru jednego bodźca z wielu, trwałość – utrzymanie uwagi, przeczutność – umiejętność aktywnego wyszukiwania potrzebnego bodźca, podzielność – zdolność do wykonywania kilku czynności naraz, rozpiętość – liczba bodźców, na których można się skupić naraz [41]. Należy podkreślić, iż warunkiem zdolności skupiania uwagi jest osiągnięcie pewnego poziomu dojrzałości przez części kory czołowej, dlatego też istnieje ryzyko nadwykrywalności ADHD.

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi niesie za sobą również ryzyko wystąpienia innych zaburzeń psychicznych, a także zachowań antyspołecznych. Problemy, które mogą wystąpić w późniejszym wieku u osób z ADHD to m.in. niska samoocena, zaburzenia lękowe, częste problemy finansowe, niepodejmowanie odpowiednich do możliwości ról społecznych, problemy zdrowotne (urazy, otyłość) [3].

W Polsce tylko około 20% pacjentów z ADHD objętych jest specjalistycznym leczeniem. Dzieje się tak z powodu niskiej świadomości choroby, problemów z diagnostyką i brakiem dostępu do leczenia i specjalistów. Nielezione lub zaniedbane ADHD prowadzi do odległych konsekwencji, zarówno w sferze społecznej (np. zaburzenia zachowania), jak i ekonomicznej (np. bezrobocie). Celem uniknięcia negatywnych skutków społeczno-ekonomicznych w 2004 r. Amerykańskie Towarzystwo Psychiatryczne oraz Europejskie Towarzystwo Psychiatrii Dzieci i Młodzieży uznały, że leczenie ADHD powinno obejmować kilka metod terapeutycznych, w tym oddziaływania psychospołeczne, psychoterapię i farmakoterapię. W Polsce nie ma opublikowanych standardów leczenia ADHD [41][114]. Istnieją również terapie wspomagające, które można stosować równolegle z metodami podstawowymi leczenia, można tu wymienić między innymi: metodę kinezylogii edukacyjnej, metodę ruchu rozwijającego, metodę dobrego startu (MDS), arteterapię, terapię dla dzieci agresywnych M. Grochulskiej, terapię pedagogiczną,

bajkoterapię, trening twórczego myślenia, hipoterapię, **trening EEG-Biofeedback (neurofeedback, NF)** [15].

Trening EEG-Biofeedback jest jednym z narzędzi terapii psychologiczno-pedagogicznej, wspomagającym usprawnianie poszczególnych funkcji poznawczych. Trening EEG-Biofeedback to uczenie się, oparte na warunkowaniu instrumentalnym (pożądane zachowanie jest nagradzane), poprzez podawanie osobie trenującej sygnałów zwrotnych o zmianach stanu fizjologicznego jej organizmu, dzięki czemu może ona nauczyć się świadomie modyfikować funkcje (w tym przypadku fale mózgowe), które normalnie nie są kontrolowane świadomie. Istotną rolę w terapii neurofeedback odgrywa **plastyczność mózgu**, czyli zdolność komórek nerwowych w mózgu do tworzenia nowych połączeń i regeneracji już istniejących. Terapia neurofeedback znalazła zastosowanie we wspomaganiu leczenia wielu dysfunkcji i zaburzeń, między innymi padaczki, afazji, zespołu Touretta, zespołu Aspergera, ADHD, ADD, dysleksji [77].

Terapia neurofeedback korzysta z wiedzy, jaką dostarcza neurobiologia czyli nauka o mózgu i komórkach nerwowych [110]. Przykładowo, badania neuropsychologiczne wykazały związek w zapisach poszczególnych fal mózgowych z procesami poznawczymi, np. związek rytmu theta z procesami uwagi i pamięci [57]. Wpływ treningu EEG-Biofeedback na redukcję symptomów ADHD był wielokrotnie testowany za granicą [79], a efekty terapii były porównywalne do efektu farmakologicznego [21][71]. Badania dotyczące efektywności treningu EEG-Biofeedback z wykorzystaniem procedury podwójnie ślepej próby wykazały, iż trening ten nie jest skuteczniejszy od terapii placebo [55][4]. Kwestią dyskusyjną pozostaje jednak fakt prowadzenia badań nad skutecznością terapii neurofeedback z wykorzystaniem grupy placebo, jako grupy kontrolnej, gdyż w neuroterapii podkreśla się aktywną rolę terapeuty, co powoduje problemy z zaślepieniem badania [46].

W Polsce terapia EEG-Biofeedback poza nielicznymi wyjątkami nie jest refundowana przez Narodowy Fundusz Zdrowia, dlatego jest dość obciążająca finansowo dla rodziców. W roku 2006 Ośrodki Szkolno-Wychowawcze na terenie Polski otrzymały 230 systemów do diagnozy i terapii EEG-Biofeedback. Należy jednak podkreślić, iż mimo, że terapia ta jest stosowana w Polsce od początku 2000 r., znajomość tej metody w środowisku pedagogicznym jest niewielka.

Terapia EEG-Biofeedback nie jest wymieniana przez organizacje związane ze zdrowiem jako metoda leczenia [42], natomiast w Międzynarodowej Klasyfikacji

Procedur Medycznych (ICD-9 PL w. 5.22) można znaleźć terapię biofeedback pod nazwą „Psychoterapia indywidualna – inne (94.39)” [33].

1.2. ADHD- diagnoza, przyczyny zaburzeń

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi jest najczęściej występującym zaburzeniem neuropsychiatrycznym, pojawiającym się przed 7 rokiem życia. Najpopularniejszymi systemami **klasyfikacji diagnostycznej** zaburzeń psychicznych są *Międzynarodowa Statystyczna Klasyfikacja Chorób i Problemów Zdrowotnych Przyczyn Zgonów – ICD-10* oraz *DSM-IV – Podręcznik Diagnostyczny i Statystyczny Zaburzeń Psychicznych, Amerykańskiego Towarzystwa Psychiatrycznego* [87]. Zgodnie z klasyfikacją DSM-IV objawy ADHD są podzielone na dwie grupy, w pierwszej znajdują się symptomy charakteryzujące zaburzenia koncentracji uwagi, natomiast w drugiej objawy opisujące nadruchliwość i impulsywność. Rozpoznanie ADHD stwierdza się, gdy występuje co najmniej 6 objawów z każdej z grup (zatem łącznie 12 objawów z 18). Ważnym kryterium diagnostycznym jest występowanie zaburzeń w funkcjonowaniu dziecka w co najmniej dwóch środowiskach tj. w szkole i w domu [97]. W ICD-10, wyodrębniono następujące postacie ADHD: zaburzenia hiperkinetyczne z podziałem na zaburzenie aktywności i uwagi, hiperkinetyczne zaburzenia zachowania i zaburzenia z deficytem uwagi bez nadpobudliwości ruchowej [19]. W polskim piśmiennictwie medycznym, na określenie zespołu nadpobudliwości psychoruchowej u dzieci, używa się obecnie dwóch nazw: amerykańskiej - *Attention Deficit Hyperactivity Disorder* (ADHD), czyli zespół nadpobudliwości psychoruchowej z zaburzeniami koncentracji uwagi oraz europejskiej - *Hyperkinetic Disorder*, czyli zespół hiperkinetyczny lub zaburzenia hiperkinetyczne [28].

Diagnoza zespołu nadpobudliwości psychoruchowej jest poważną decyzją, w podjęciu której udział biorą zarówno psycholodzy, jak i lekarze. Typowy schemat postępowania diagnostycznego obejmuje: wywiad dotyczący problemu, wywiad rozwojowy, wywiad rodzinny, rozmowę z dzieckiem, zebranie wiadomości na temat funkcjonowania dziecka w szkole, wypełnienie kwestionariusza, dotyczącego objawów ADHD (np. kwestionariusz Connersa dla nauczycieli i rodziców, kwestionariusz ADHD-RS) oraz konsultacje lekarską [41]. Skierowanie dziecka na testy psychologiczne również może potwierdzić diagnozę ADHD. Testy badające inteligencję lub typowe testy badające właściwości uwagi pomagają dostarczyć dowodów, lecz nie mogą definitywnie wskazać lub wykluczyć tego zaburzenia. Inne badania, jakie są wykorzystywane przy diagnozie ADHD to QEEG, czyli ilościowy

elektroencefalograf oraz technika obrazowania mózgu SPECT. Badanie QEEG pozwala wskazać jaki jest udział poszczególnych fal mózgowych w zapisie EEG. Z uwagi na to, iż osoby z ADHD charakteryzują się mniejszym wzbudzeniem kory i zewnętrznych warstw mózgu, co w zapisie EEG przejawia się w postaci nadmiaru fal wolnych theta w stosunku do fal szybkich beta, diagnoza tą metodą polega na sprawdzeniu stosunku ilościowego jednych fal do drugich. Badania z użyciem QEEG pozwalają na zdiagnozowanie około 90% przypadków ADHD [44]. Metoda SPECT - *Emisyjna Tomografia Komputerowa Pojedynczego Fotonu* jest również wykorzystywana w psychiatrii, lecz wyniki tego badania nie mogą stanowić podstawy diagnozy ADHD [28]. W wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym diagnoza ADHD obarczona jest ryzykiem błędu, wyrażającego się w subiektywnej ocenie diagnosty. Celem zwiększenia precyzji procesu diagnostycznego, coraz częściej stosuje się badania okulograficzne, które są „oparte na biologicznym teście wykorzystującym badanie sakadycznych ruchów gałek ocznych podczas z góry ustalonych interwałów czasowych odwzorowujących deficyty funkcji wykonawczych. Występowanie procentowego wzrostu zbyt wczesnych ruchów sakadycznych w teście antysakad wskazuje na osłabienie hamowania u dzieci z ADHD w stosunku do grupy kontrolnej” [76].

Przyczyny ADHD nie są do końca znane. Uważa się, że największe znaczenie w jej rozwoju mają czynniki genetyczne. Badacze mówią również o zależności między budową i funkcjonowaniem ośrodkowego układu nerwowego (OUN), a wystąpieniem nadpobudliwości. Wymienia się także wiele czynników środowiskowych, które mogą nasilać objawy ADHD - np. ekspozycja dziecka na szkodliwe czynniki w czasie ciąży jak dym papierosowy, czy problemy okołoporodowe [67]. Obecnie, inaczej niż jeszcze kilkanaście lat temu, uważa się, że ADHD nie jest wynikiem uszkodzenia układu nerwowego, lecz opóźnionym dojrzewaniem niektórych struktur mózgu. Za takim wyjaśnieniem przemawia zmniejszanie się nasilenia lub ustępowanie objawów wraz z wiekiem u znacznej liczby pacjentów.

W wielu badaniach akcentuje się istotne znaczenie czynników genetycznych w etiologii zespołu. Uważa się, że geny, które są odpowiedzialne za zaburzenie ADHD są przekazywane niezależnie przez rodziców swoim dzieciom lub przypuszczalnie jest to zjawisko kosegregacji, czyli wspólnego zależnego przekazywania genów. Udowodniono również, iż 32-50% krewnych pacjentów z ADHD w dzieciństwie posiadało symptomy tego zaburzenia, a także częściej odnotowano u nich inne

zaburzenia, takie jak alkoholizm, zaburzenia zachowania, zachowania antyspołeczne, zaburzenia nastroju i lękowe oraz nadużywanie leków [89].

Badania biochemiczne i farmakologiczne wykazały powiązanie pomiędzy ADHD i zaburzeniami układu dopaminergicznego, noradrenergicznego oraz serotonergicznego. Najczęściej badano „geny kodujące enzymy syntetyzujące lub rozkładające odpowiednie neuroprzekaźniki oraz geny kodujące ich transportery i receptory, a także inne substancje wpływające na ich poziom”. Szczegółowe informacje na temat udziału czynników genetycznych w etiologii ADHD zawiera artykuł A. Słopeń i wsp. [90].

Przyczyn występowania ADHD upatruje się również w nieprawidłowym funkcjonowaniu płatów czołowych, a więc obszarów odpowiedzialnych za kontrolowanie emocji, regulowanie zachowania czy uwagę. Potwierdza to fakt, iż objawy nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi mijają wraz z wiekiem, z wiekiem też rozwijają się płaty czołowe, osiągając dojrzałość w wieku późnej adolescencji. Przyjmuje się również, że przyczyną występowania ADHD jest opóźnienie bądź nieprawidłowy rozwój co najmniej trzech obszarów w mózgu, zlokalizowanych głównie w prawej półkuli (przedniej części zakrętu obręczy, kory przedczołowa, górnej części kory słuchowej). Akcentuje się tutaj występowanie braku równowagi pomiędzy bodźcem odbieranym przez ośrodki w prawej półkuli (przednia część zakrętu obręczy), które odpowiadają za koncentrację uwagi a obszarem przedczołowym, odpowiedzialnym za planowanie i podejmowanie decyzji [10].

Nierozzerwalnie z nieprawidłowo funkcjonującymi obszarami kory mózgowej wiąże się brak równowagi neuroprzekaźników w mózgu. Jak podaje wielu naukowców, kluczową rolę odgrywa dopamina, której zbyt wysoki poziom prowadzi do wykazywania cech nadpobudliwości psychoruchowej i deficytu uwagi. Potwierdzeniem tej tezy jest fakt, iż osobom dotkniętym ADHD podaje się leki pobudzające, które łagodzą objawy tego zaburzenia. Leki o tym działaniu prowadzą do wzrostu dopaminy w synapsach, co skutkuje blokowaniem ponownego wchłaniania tej substancji przez komórki ją wydzielające. Z kolei inne badania wykazały, że u osób z ADHD występuje wzrost wchłaniania zwrotnego dopaminy przez komórki, które ją wydzielają, co nie koniecznie jest związane z nadmiarem dopaminy [29].

W badaniach zaobserwowano, iż osoby z ADHD charakteryzują się innym funkcjonowaniem kory przedczołowej, struktur podkorowych, spoidła wielkiego oraz mózdzku. W etiologii zaburzenia zakłada się również nieprawidłową pracę połączeń

neuralnych, między korą mózgową (głównie płacami czołowymi) a jądrami podkorowymi, co jest również związane z obniżonym poziomem neuroprzekazników (dopamina i noradrenalina). W badaniach z użyciem neuroobrazowania, u dzieci z ADHD stwierdzono zmniejszenie całkowitej objętości mózgu i mózdzku o około 3-4%. Zmniejszenie to dotyczy przede wszystkim kory płatów czołowych, jąder podkorowych, ciała modzelowatego. Inne badania z wykorzystaniem tej techniki wykazały, iż kora przedczołowa i okolice jąder podstawnych były mniejsze u chłopców z ADHD w porównaniu do ich rówieśników bez ADHD. Kora przedczołowa odgrywa ważną rolę w planowaniu, podejmowaniu decyzji, kontroli uwagi i hamowaniu niewłaściwego zachowania. Jądra podstawne, czyli sieć struktur położonych w głębi mózgu, są zaangażowane w wytwarzanie ruchów. Nieprawidłowe funkcjonowanie kory przedczołowej u dzieci z ADHD, może tłumaczyć ich problemy z zachowaniem i koncentracją uwagi. Badania czynności mózgu, wykazały, że osoby z ADHD mają zmniejszony przepływ krwi w płatach czołowych i jądrach podstawy, z kolei pozytronowa tomografia emisyjna wykazała niższe zużycie glukozy u osób, dotkniętych tym zaburzeniem [41].

W badaniach M. Lansbergen i wsp. (2011) u dzieci z ADHD zaobserwowano odmienne wzorce EEG w stanie spoczynku, w szczególności zwiększenie aktywności fali theta i zmniejszenie aktywności fali beta w zapisie EEG. W badaniu wzięło udział 49 chłopców z ADHD oraz 49 zdrowych chłopców (grupa kontrolna), u których przeprowadzono badanie EEG w stanie spoczynku z oczami zamkniętymi oraz otwartymi. U dzieci z ADHD zaobserwowano wyższy stosunek theta/beta w porównaniu do grupy kontrolnej. Zwiększenie współczynnika beta/theta w ADHD wydaje się w dużej mierze zależeć od podgrupy dzieci z ADHD, w której obserwuje się raczej spowolnione częstotliwości fal alfa niż maksymalnie zwiększoną aktywność rytmu theta [54].

Neurofizjologiczne badania obrazowe u osób z ADHD wykazały, iż u 85-90% z nich odnotowuje się zmiany w obszarze czołowym i środkowym kory mózgowej, odpowiadające za nadaktywność. Analiza QEEG wykazała, iż najczęściej występuje nadmiar wolnych fal theta (u dzieci z normalnym IQ 37,3% i u dzieci z niższym IQ 40,9%), fal alfa, czasem nadmiar fal delta oraz zmniejszona aktywność fal szybkich beta1 i SMR. Część badań sugeruje, iż niewielka liczba osób może wykazywać nadmierne wzbudzenie korowe. W analizie QEEG obserwuje się wówczas zwiększoną aktywność rytmu beta, zmniejszoną aktywność fal alfa oraz niski współczynnik

theta/beta we wszystkich badanych obszarach korowych [83]. Obecnie, część badań wykazuje znaczną niejednorodność cech EEG w populacji osób z ADHD. W kilku badaniach sprawdzano, jakie profile neurofizjologiczne (określone przez EEG) mogą być charakterystyczne dla osób z ADHD. Sugeruje się, że istnieje kilka różnych podtypów EEG w odniesieniu do osób z ADHD, mianowicie podtyp z opóźnionym dojrzewaniem kory mózgowej, podtyp z niedostatecznie zaktywowaną korą mózgową i podtyp z nadmiarem aktywności fali beta. Ponadto, wyodrębniono również podgrupę z nadmiarem aktywności rytmu alfa [60].

1.2.1. Metody terapii dzieci z ADHD

ADHD powinno leczyć się kompleksowo przy wykorzystaniu wielu metod terapii. Terapia jest bardzo trudna i trwa zazwyczaj wiele lat - angażuje lekarza, rodzinę oraz szkołę dziecka. Model leczenia ADHD zaprezentowany przez A. Kołakowskiego i wsp. (2007) zakłada, iż dzieci powinny dostawać pomoc w pierwszej kolejności od rodziców i opiekunów, następnie od wykwalifikowanych pedagogów, psychologów i terapeutów. Leczenie psychiatryczne i diagnostyka szpitalna są działaniami ostatecznymi, gdy wcześniejsze czynności okazały się nieskuteczne. Należy podkreślić, iż tylko systematyczne i permanentne działania terapeutyczne w stosunku do dzieci z ADHD, zarówno ze strony wyspecjalizowanych poradni, jak i rodziców prowadzą do zmniejszenia ryzyka powikłań, jakie niesie za sobą to zaburzenie [41].

Farmakoterapię zaleca się w przypadku, gdy nieumiejętność koncentracji uwagi skutkuje porażką szkolną i hamuje rozwój dziecka oraz, gdy zachowania społeczne uniemożliwiają integrację wśród rówieśników. Konsultant krajowy z dziedziny psychiatrii dzieci i młodzieży postuluje, iż farmakoterapia winna być elementem kompleksowego leczenia i być bezwzględnie poprzedzona psychoedukacją [70]. Leczenie farmakologiczne zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi może pomóc zmniejszyć nasilenie podstawowych objawów tego zaburzenia, jednakże należy podkreślić, iż nie rozwiązuje ono wszystkich problemów dziecka, np. nie spowodują wzrostu motywacji do nauki, czy poprawy relacji z rówieśnikami. Ponadto, nie usuwają one przyczyn nadpobudliwości i działają tak długo, jak długo są podawane. W leczeniu osób z ADHD stosuje się różne grupy leków, są to m.in.: leki psychostymulujące (pochodne amfetaminy), selektywne inhibitory wychwytu

zwrotnego noradrenaliny, trójcycliczne leki przeciwdepresyjne, czy neuroleptyki. Szacuje się, iż u ok. 70-80% dzieci po podaniu leków psychostymulujących zauważalne jest zmniejszenie objawów ADHD. Najczęściej stosowaną substancją jest metylfenidat (znany za granicą pod nazwą handlową Ritalin, w Polsce Concerta). Skutkami ubocznymi podczas podawania leków psychostymulujących mogą być tiki, zahamowanie apetytu i wzrost ryzyka uzależnień w późniejszym wieku [39]. W badaniach A.D. Sandler i J. W. Bodfish (2007), wykazano, że natężenie symptomów ADHD u dzieci pozostało takie samo, gdy podawano im zmniejszoną dawkę lekarstwa z placebo. Zmniejszenie podstawowej dawki leku (bez placebo) powodowało pogorszenie się objawów [86].

W chwili obecnej, jedną z najskuteczniejszych form pomocy dziecku z ADHD i jego rodzinie jest psychoterapia. Warsztaty uczą, jak radzić sobie z objawami zespołu nadpobudliwości psychoruchowej (np. trudnymi zachowaniami wynikającymi z celowego łamania zasad i niewykonywania poleceń). Zdarza się, że u dziecka z ADHD i w rodzinie pojawiają się problemy wykraczające poza ramy takiego sposobu oddziaływania terapeutycznego. W takiej sytuacji można zastosować terapię rodzin (jeśli rodzina ma trudności w funkcjonowaniu jako całość), terapię indywidualną lub grupową dziecka (przeciwdziała niskiej samoocenie dziecka, pomaga rozwiązywać problemy z rówieśnikami) [2]. Jedną z terapii dla dzieci z ADHD jest terapia zachowania, która składa się z kilku metod. W ramach oddziaływań terapeutycznych stosuje się behawioralną i poznawczo-behawioralną terapię zachowania, trening samoinstruowania, trening koncentracji uwagi (dziecko uczy się dokładnie patrzeć, opisywać, słuchać i stopniowo wydłużać czas koncentracji), skillstreaming (metoda polegająca na kształtowaniu umiejętności prospołecznych) oraz ART- czyli trening zastępowania agresji [15]. Terapią, która ma potwierdzoną krótkoterminową skuteczność w leczeniu ADHD jest behawioralna modyfikacja zachowań. Trzeba jednak zaznaczyć, iż ową skuteczność rozpatruje się w połączeniu z terapią farmakologiczną. Najskuteczniejszą metodą leczenia ADHD nadal pozostaje terapia farmakologiczna [42].

Pomoc, jaką uzyskuje dziecko z ADHD powinna być dostosowana nie tylko do jego potrzeb, ale i do potrzeb rodziny i opiekunów. Dlatego też, jednym z najważniejszych elementów leczenia jest psychoedukacja, czyli wyjaśnianie rodzicom i innym członkom rodziny czym objawia się ADHD, wyjaśnianie istoty zaburzenia dziecka, omawianie z nim zachowań, nakłanianie do obserwacji swojego zachowania,

wyjaśnianie istoty zaburzenia nauczycielom, współpraca ze szkołą i poradnią psychologiczno-pedagogiczną [38]. W literaturze przedmiotu można wyróżnić metody skierowane stricte do rodziców dzieci z ADHD. Wymienia się tu metodę pracy z trudnymi zachowaniami dzieci C. Sutton, metodę E. Mazlisch i A. Faber, poradnictwo dla rodziców, trening umiejętności wychowawczych dla rodziców dzieci z ADHD, psychoterapię rodzinną i indywidualną dorosłych oraz grupy wsparcia dla rodziców [15].

Istotną rolę w leczeniu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi odgrywają terapie wspomagające. Oznacza to, że można je stosować równolegle z metodami podstawowymi leczenia, należą do nich **trening EEG-Biofeedback** (neurofeedback) [77], metoda kinezylogii edukacyjnej (stymulująca układy mózgowe odpowiedzialne za koncentrację uwagi, koordynację ruchową, słyszenie i widzenie) [26], metoda ruchu rozwijającego W. Sherborn (ćwiczenia grupowe dla dzieci i rodziców) [109], metoda dobrego startu (dla dzieci z grupy ryzyka dysleksji), arteterapię. Dodatkowo stosuje się terapię dla dzieci agresywnych M. Grochulskiej, terapię pedagogiczną (w przypadku specyficznych trudności z nauce), terapię mowy i języka (dla dzieci z problemami logopedycznymi), bajkoterapię (zarówno dla młodszych dzieci jak i starszych; pomaga uporać się z problemami wewnętrznymi), trening twórczego myślenia, integrację sensoryczną, dietę, hipoterapię [15]. Badania wykazały, iż włączenie dzieci z ADHD do terapii obejmującej arteterapię, psychodramę i ćwiczenia z użyciem metafory wpływają na zmniejszenie się symptomów ADHD. Zaobserwowano, iż poziom inteligencji różnicuje owe wyniki badań, otóż dzieci, które posiadały niższy od przeciętnego poziom IQ osiągały lepszą poprawę w zakresie takich zachowań (podczas lekcji) jak: nadmierna rozmowa, zabawa oraz umiejętność siedzenia w ławce [16].

Badania potwierdzają, iż znajomość metod niefarmakologicznych sprzyja częstoci ich stosowania i powoduje zmniejszenie liczby dzieci leczonych farmakologicznie, w przypadkach, gdzie nie jest to w 100% potrzebne. Wynikiem badań ankietowych wśród matek dzieci z ADHD i matek dzieci zdrowych, było stwierdzenie, iż trening EEG-Biofeedback jest najskuteczniejszą i najczęściej stosowaną metodą terapeutyczną u dzieci z ADHD [84].

1.3. Aktywność bioelektryczna mózgu i badanie EEG

Fizjologia neuronów jest kluczem do zrozumienia jak funkcjonuje mózg człowieka. Impuls nerwowy jest sygnałem elektrycznym, czyli skutkiem tymczasowej zmiany stanu naładowania błony komórkowej i pełni podstawową rolę w przekazywaniu informacji w układzie nerwowym. Impuls nerwowy dociera do synapsy, gdzie wydzielane są specjalne substancje-neuroprzekaźniki przekazujące impuls do następnego neuronu [36]. Przemieszczająca się fala depolaryzacji i repolaryzacji wzdłuż dendrytów tworzy wahania potencjału elektrycznego, który można zaobserwować na powierzchni kory mózgowej. Zjawiska bioelektryczne biorą swój początek w przesunięciach jonowych [99]. Zachowanie człowieka jest najważniejszym wskaźnikiem poziomu aktywacji, źródłem informacji o niej może być elektroencefalografia. Do stanów aktywacyjnych zaliczamy czuwanie, sen, relaksacja, pobudzenie. Rytm alfa reprezentuje średni stan aktywacji, występuje, gdy osoba jest w stanie spoczynku i ma zamknięte oczy. Składa się ze średnio dużych regularnych fal o częstotliwości 10 Hz. Otworzenie oczu i koncentracja na zadaniu powoduje pojawienie się rytmu beta, czyli małych, szybkich fal (aktywna działalność umysłowa). W trakcie snu pojawiają się fale wolne delta o częstotliwości 2-4 Hz. Interpretacja **zapisu EEG** nie zawsze jest taka oczywista. Niektóre osoby nie wykazują rytmu alfa w zapisie, u niektórych może być on nieregularny, z kolei rytm beta często jest szeregiem nieregularnych fal od częstotliwości od 12 Hz. Jednakże, dzięki EEG można uzyskać dane, w jaki sposób układ aktywacyjny wpływa na czynność kory mózgowej. Elektroda, z której otrzymuje się zapis, znajduje się w określonej odległości od powierzchni kory mózgowej (oddziela ją skóra głowy, kości czaszki), zatem otrzymane potencjały są wypadkową aktywności dużej grupy neuronów korowych. Zapis EEG świadczy o tym, że aktywność nerwowa związana ze stanem świadomości jest rozlanym pobudzeniem, czyli współdziałaniem oddalonych od siebie komórek [30].

Mózg w swojej aktywności wytwarza fale elektryczne o różnej częstotliwości, a mianowicie: fale delta, theta, alfa, beta.

- **Fale delta** (0,5 – 3 Hz) – nazwę wprowadził G.Walter, by podkreślić zależność występowania tych fal z takimi stanami jak: śmierć, choroba, proces zwyrodnieniowy, mechanizm obronny (z ang. death, disease, degeneration, defense mechanism). W zapisie jakościowym u zdrowego człowieka, czynność delta nie

występuje, natomiast w komputerowej analizie zauważalna jest ich niewielka amplituda [62].

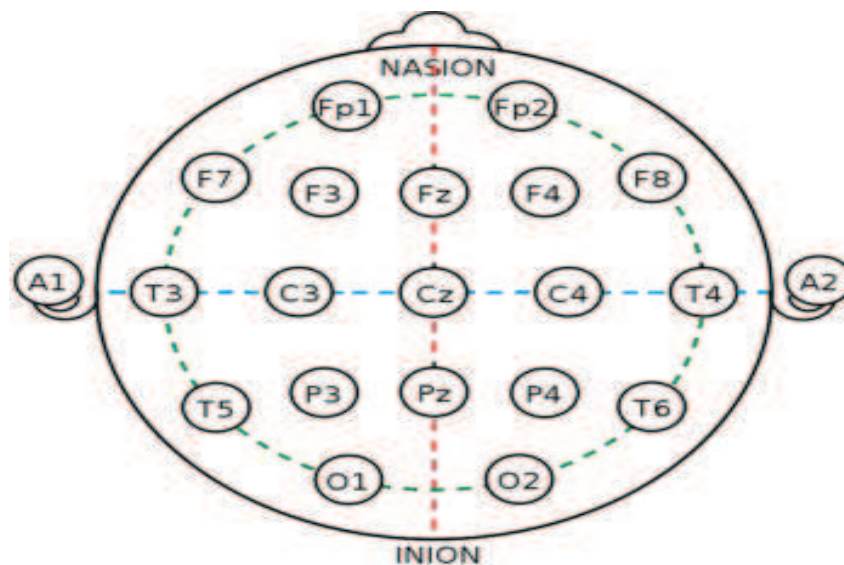
- **Fale theta** (4-7 Hz) – są czynnością dominującą w okresie dzieciństwa, wraz z wiekiem fale te zanikają, by po 60 roku życia występować w sposób bardziej uogólniony. Amplituda tych fal nie powinna być wyższa niż 30 mikrowoltów. Fale theta zaobserwować można również w początku senności, dlatego też w badaniu EEG należy zwrócić uwagę na świadomość badanego, by uniknąć błędnej interpretacji (zinterpretowania jako patologicznego zapisu) [62].
- **Fale alfa** (8-12 Hz) – rytm alfa jest podstawowym rytmem w EEG człowieka. Fale te są najbardziej widoczne przy oczach zamkniętych w okolicy politycznej, otwarcie oczu powoduje tymczasowe zniknięcie lub zmniejszenie czynności alfa i pojawienie się czynności beta, co nazywane jest desynchronizacją rytmu EEG [94]. Chwilowe zniknięcie lub zmniejszenie amplitudy alfa występuje również podczas koncentracji uwagi. „Czynność fal alfa jest asymetryczna w 25-33% i jest charakterystycznie mniejsza nad lewą półkulą. Jest prawdopodobne, że wiąże się to z półkulą dominującą” [62].
- **Fale beta** – fale o częstotliwości 14-30 Hz o amplitudzie do 30 mikrowoltów. Czynność ta jest czynnością symetryczną, a wszelkie asymetrie świadczą o patologii. W przypadku zaniku kory lub urazu, zauważalny jest ubytek czynności beta (po stronie zjawiska patologicznego), z kolei z nadmiernym uogólnionym zwiększeniem się czynności beta ma się do czynienia przy takich chorobach, jak: nadczynność tarczycy, niedoczynności gruczołów przytarczycznych, w zespole Cushinga. U osób labilnych emocjonalnie można zaobserwować (w 61%) rytm beta. J. Majkowski (1989) zaproponował podział fal beta na trzy podgrupy [62].

Należy podkreślić, iż czynność bioelektryczna mózgu zależna jest od wieku, a także stanu organizmu. Na zmiany we wzorcu EEG wpływ mają czynniki fizjologiczne (głód, senność), patologiczne (choroba) oraz inne czynniki zewnętrzne i wewnętrzne (lęk, niepokój). Analiza sygnału EEG osób młodych służy do diagnozy zaburzeń rozwojowych, może także określać poziom rozwoju układu nerwowego [94].

Aktywność elektryczną mózgu bada się za pomocą specjalistycznej aparatury do EEG- elektroencefalografu. Podczas badania EEG, do powierzchni skóry głowy przykładają się elektrody wg systemu 10-20. Poszczególne elektrody umiejscawia się wzdłuż linii, które są prowadzone po powierzchni czaszki w odległościach 10 lub 20

procent ich długości. Elektrody oznaczone są kodem literowo-liczbowym (np. Cz, C4, C3 – elektrody w pasie czuciowo-ruchowym w okolicy centralnej). Zgodnie z systemem 10-20 stosuje się 19 czynnych odprowadzeń, natomiast liczba elektrod może być znacznie większa, np. 32, 64, 128, ale i 256 [62]. Zapis EEG to suma wielu zjawisk bioelektrycznych tkanki mózgowej, charakteryzujących się zmiennością. Głównym składnikiem każdego zapisu EEG jest fala, czyli przejściowa zmiana różnicy potencjałów czynności mózgu, którą charakteryzuje się poprzez jej amplitudę, czas trwania, kształt oraz polaryzację. Fale, które występują z pewną częstotliwością i tym samym kształcie nazywa się rytmem. Czynnikiem różnicującym rytm jest aktywność bioelektryczna mózgu i stopień aktywności motorycznej. Oznacza to, że w trakcie snu zapis EEG jest zsynchronizowany, czyli występują fale o wysokiej amplitudzie i niskiej częstotliwości, natomiast w trakcie zwykłej aktywności występują fale o wysokiej częstotliwości i niskiej amplitudzie (desynchronizacja zapisu EEG) [82]. „Za główne źródło sygnału EEG uznaje się aktywność synaptyczną na dendrytach dużych pobudzających komórek piramidalnych – ze względu na wzajemne równoległe ułożenie tych komórek, które powoduje powstawanie prostopadłych do powierzchni kory dipoli elektrycznych. Dipole elektryczne na dendrytach innych komórek niwelują się, gdyż są ułożone w sposób nieuporządkowany i nie generują sygnału na tyle mocnego, aby mógł zostać zarejestrowany na powierzchni skóry głowy. Amplituda fal aktywności elektrycznej mózgu rejestrowana przez elektrody EEG zależy przede wszystkim od synchronizacji zespołów blisko położonych komórek. Dopiero zsynchronizowane działanie wielu komórek generuje dostatecznie silny sygnał, który mogą zarejestrować elektrody przyklejone na skórze głowy” [37]. Zapis EEG zależy od wielu czynników, takich jak wiek, poziom dojrzałości ośrodkowego układu nerwowego czy stan psychomotoryczny badanego. Przykładowo występujące fale theta są prawidłowe u dzieci we śnie i podczas czuwania, z kolei u dorosłego świadczą o pewnych dysfunkcjach [82]. Trzeba także podkreślić, iż interpretacja zapisu EEG w dużej mierze zależy od doświadczenia lekarza.

Rysunek 1. Rozmieszczenie elektrod wg systemu 10-20, zalecanego przez Międzynarodową Federację Elektroencefalografii i neurofizjologii Klinicznej z 1958 roku [113]



Źródło: http://sequoia.ict.pwr.wroc.pl/~witold/aiarr/2014_projekty/eeg/, [dostęp: 10.08.2015]

1.4. Aktywność bioelektryczna mózgu a procesy poznawcze

Badania elektroencefalograficzne od początku były w obszarze zainteresowań psychologów. Kojarzenie rozmaitych funkcji psychicznych z określonymi falami mózgowymi zaczęło się już w latach trzydziestych (korelacje pomiędzy uwagą, inteligencją, osobowością a rytmem alfa) [62].

Podstawowymi zjawiskami, towarzyszącymi wzorcom elektroencefalograficznym są ośrodkowe **procesy synchronizacyjne**. „Dzięki synchronizacji, aktywność pojedynczych neuronów może się sumować w czasie i kształtować mniej lub bardziej rytmiczną aktywność polową. Istotą procesów synchronizacyjnych, zachodzących w ośrodkowym układzie nerwowym są sposoby komunikowania się neuronów” [43]. Przyjmuje się, iż oscylacje synchroniczne mają fundamentalny wpływ na procesy poznawcze związane z percepcją, uwagą i pamięcią. Oscylacje synchroniczne fal delta, theta, alfa i gamma, rejestrowane w różnych rejonach mózgu i ich korelacje czasowe oraz przestrzenne to swoisty zapis procesów poznawczych. Forma oscylacji EEG uzależniona jest od wewnętrznych właściwości pojedynczych neuronów, a także od

stworzonych przez nie, **cech sieci neuronalnych**. „Właściwości neuronów są zdeterminowane przez interakcje między jonowym przewodnictwem napięciowo- i wapniowo-zależnym oraz przez geometrię drzewa dendrytycznego, która wpływa na propagację odległych potencjałów dendrytycznych do ciała komórki i wzdórka aksonu”. Neurony porozumiewają się poprzez chemiczną transmisję synaptyczną, połączenia elektryczne synaps szczelinowych oraz oddziaływania efaptyczne pól elektrycznych. Wśród oscylacji rytm theta jest jednym z najbardziej udokumentowanych, przede wszystkim ze względu na związek z procesami uczenia się i pamięci. Rytm theta może indukować zmiany plastyczne na poziomie synaptycznym, pojawiające się jako długotrwałe wzmocnienie (LTP- long – term potentiation) lub osłabienie synaptyczne (LTD-long-term depression), które ma wpływ na tworzenie się i zanikanie śladów pamięciowych [57].

Rytm theta odgrywa znaczącą rolę w tworzeniu się pamięci długotrwałej. Badania prowadzone w USA nad związkiem częstotliwości theta (4-8 Hz) a zapamiętywaniem, wykazały istotny wpływ tego rytmu na **procesy kodowania** (*proces kodowania to proces przekształcania i organizowania napływających informacji tak, aby można je było następnie włączyć do pamięci lub porównać z danymi zmagazynowanymi w pamięci*). Badania EEG wykazały, że wokół elektrod położonych w okolicy przyśrodkowo-skroniowych zaobserwować można zwiększoną aktywność fal theta [96]. Ponadto, im większa amplituda fal theta w trakcie zapamiętywania, tym większe prawdopodobieństwo odtworzenia określonych bodźców. Związek pamięci roboczej i rytmu theta, polega na tym, że rytm theta ma wpływ na komórkowy mechanizm pamięci bezpośredniej. Udokumentowany jest również związek pomiędzy pamięcią rozpoznawczą a aktywnością rytmu theta zarejestrowanego na powierzchni czaszki. Potwierdzeniem bezpośredniego związku pomiędzy rytmem theta a pamięcią roboczą jest fakt, iż w trakcie zadania polegającego na prawidłowym odtworzeniu uprzednio zapamiętanych słów, tylko prawidłowo przypomniane słowa wywoływały zwiększenie aktywności rytmu theta. Przyjmuje się również, iż pamięć robocza wykorzystuje połączenia znajdujące się w tylnej części kory mózgowej, zaangażowane w przechowywanie informacji pochodzących ze zmysłów, a także połączenia znajdujące w okolicy przedczołowej, odpowiedzialnej za aktualizację tych informacji. Jedną z hipotez jest twierdzenie, iż rytm theta łączy oba te obszary podczas zadań, wymagających pamięci roboczej [100]. Badania farmakologiczne wykazały, iż lekarstwa, które wpływały na zmniejszenie aktywności fal theta blokowały uczenie się i

odwrotnie, lekarstwa którymi zwiększano aktywność rytmu theta powodowały łatwiejsze uczenie się [40].

Przyjmuje się, iż efektywnemu kształtowaniu się pamięci krótkotrwałej i deklaratywnej powinny towarzyszyć głównie **oscylacje theta**, ale i w mniejszym stopniu gamma. Naukowcy zaproponowali nawet modele procesów pamięciowych, które łączą oba te rytmy (np. model Lismana i Idiarta). Fundamentalną cechą teorii pamięci jest synchronizacja bliskich i dalekich populacji neuronalnych. Uznaje się również, iż procesy zapamiętywania zachodzą podczas snu. Informacje zdobyte w trakcie czuwania są reaktywowane w hipokampie podczas snu, co prowadzi do powstania śladów pamięciowych. Konsolidacja śladów pamięciowych to wzmacnianie pewnych synaps, ale i osłabianie innych połączeń [57].

Naukowcy wskazują również na związek pomiędzy synchronizacją fal theta i gamma a **pamięcią** i procesami językowymi. Potwierdzono to w eksperymencie, w którym wzięły udział 23 praworęczne kobiety. Uczestniczkom wyświetlano listę 25 rzeczowników, które trzeba było zapamiętać, a następnie swobodnie przypomnieć (*free recall*). Podczas badania zaobserwowano, iż aktywność rytmów theta i gamma po obu stronach kory mózgowej była bardziej zauważalna w trakcie procesów zapisywania informacji w pamięci i ich odtwarzania. Faza synchronizacji theta-gamma również była bardziej uwydatniona [105].

Badania naukowe wykazały, iż uczenie się słów i zapamiętywanie twarzy wywołuje synchronizację zapisu EEG w rytmie **theta w okolicy czołowo-skroniowej** (słowa) i ciemieniowej (twarze). Im większa synchronizacja tym skuteczniejszy był proces uczenia. Wzrost mocy fali theta zanotowano również podczas kojarzenia słów w pary, a następnie przypominania sobie jednego z nich, przy czym większy wzrost mocy stwierdzono w trakcie przypominania niż kodowania [57].

Badania dotyczące hipokampa i rytmu theta u zwierząt, wykazały, iż odpowiedzią na zwiększenie zapamiętywania jest **zsynchronizowana theta** w hipokampie, występująca w małych frekwencjach (tak jak u ludzi) [40]. **Hipokampalny rytm theta** zaobserwowano w trakcie elektrycznego drażnienia okolic przedniego podwzgórza u pacjentów ze schorzeniami mózgu, zarejestrowano go również u osób z zaburzeniami neuropatologicznymi. Uznaje się, iż „aktywność rytmiczna wiąże się z aktywnością motoryczną, stwierdzono bowiem zależności między ruchami języka i rąk a wyładowaniami neuronów struktury hipokampa, aktywność komórek nasilały szczególnie te ruchy, które wymagały dużej precyzji i wysiłku związanego z ich

wykonaniem”. Rytm theta występuje u osób zdrowych w obszarach kory czołowej i skroniowej, podczas silnej koncentracji uwagi, związanej z wykonywaniem czynności, które wymagają pamięci operacyjnej (porównywania bodźców czuciowych, które docierają zewnątrz ze zdarzeniami wcześniej zapamiętanymi lub podczas wykonywania złożonych obliczeń matematycznych). Rytm theta można zarejestrować, także w trakcie opracowywania informacji werbalnych, to znaczy rozpoznawania słów, przypominania sobie znaczenia słów, czy poprawiania błędów gramatycznych [43]. Odnotowano również związek pomiędzy amplitudą alfa a intensywnością **uwagi**. Otóż im intensywniejsze zaangażowanie uwagi tym mniejsza amplituda fali alfa. Ponadto, mniejsza aktywność rytmu alfa ma związek z procesami zapamiętywania [107].

Na podstawie przeprowadzonych badań klinicznych, dowiedziono, iż aktywność kory mózgowej rzędu 10-14 Hz jest powiązana z procesami semantycznymi. W badaniach wykazano, iż aktywność rytmu SMR jest związana z redukcją popełnianych błędów i polepszeniem zdolności percepcyjnych [100].

W kręgu zainteresowań naukowców była również korelacja między obrazem EEG a osobowością człowieka. Wyniki badań wykazały pewną zależność pomiędzy częstotliwością fali alfa i cechami osobowości. U osób mniej aktywnych, introwertycznych zaobserwowano niższą częstotliwość fali alfa [107].

1.4.1. Uwaga jako moderator procesów pamięciowych

Uwaga i pamięć stanowią dwa odrębne procesy poznawcze, jednakże należy zauważyć, że są to systemy, które nakładają się na siebie. Przykładowo, odróżnienie zaburzeń selektywności uwagi od zaburzeń pamięci krótkotrwałej nastęrcza wiele trudności. Jednoznaczne zdefiniowanie pojęcia uwagi jest skomplikowane, bowiem nie ma jednej definicji uwagi, gdyż mechanizm ten nie dotyczy jednej struktury. Uwaga to mechanizm, który ogranicza napływ informacji, dzięki niemu możliwe jest spostrzeganie tylko części docierających bodźców czy uruchamianie jednej reakcji. Koncentracja uwagi to „*ześrodkowanie, skupienie aktywności poznawczej na ograniczonej liczbie przedmiotów (procesów, sytuacji, zadań), przy jednoczesnym ograniczeniu odbioru innych bodźców*” [34][58]. Uwaga działa jako spójny system poznawczy, do jej funkcji można zaliczyć: selektywność, czujność, przeszukiwanie, podzielność i przerzutność. Selektyność to umiejętność wyboru jednego bodźca, przedkładając go ponad inne [94]. Czujność (przedłużona koncentracja) to możliwość do

długotrwałego oczekiwania na ukazanie się określonego sygnału i jednocześnie lekceważenie pozostałych bodźców (szumów). Przeszukiwanie to aktywne, systematyczne badanie pola spostrzeniowego, celem zlokalizowania obiektów, które zgodne są z przyjętym kryterium (np. wyszukiwanie określonej litery w ciągu liter). Podzielność to umiejętność intensywnego skupiania uwagi jednocześnie na co najmniej dwóch przedmiotach, przerzutność to zdolność przenoszenia uwagi z jednego przedmiotu (czynności) na drugi w dość szybkim czasie [72][85].

Rozpatrując system uwagi w aspekcie fizjologicznym, można wyróżnić jej trzy podstawowe mechanizmy: odruch orientacyjny, indukcję ujemną oraz aktywność układu siatkowatego. Odruch orientacyjny to ukierunkowanie receptorów na źródło stymulacji wraz z aktywnością motoryczną, która umożliwia odbiór tych bodźców. Indukcja ujemna oznacza, iż stan pobudzenia w jednej okolicy kory mózgowej prowadzi do zahamowania aktywności w okolicach sąsiednich. Badania wykazały, iż podczas wydobywania informacji z pamięci epizodycznej, aktywne były pewne obszary kory mózgowej a sąsiednie uległy hamowaniu. Układ siatkowaty to układ, składający się z sieci włókien nerwowych, które oplatają okolice podkorowe. W skład tworzącego go wchodzić neurony przekazujące lub hamujące impulsy za pośrednictwem różnych neuroprzekaźników. Fizjologicznie układ ten można podzielić na część zstępującą i wstępującą, z czego część wstępująca decyduje o pobudzeniu określonych obszarów kory i uwrażliwieniu ośrodków określonych zmysłów [63].

Interesującą koncepcją fizjologicznych mechanizmów uwagi jest tak zwana koncepcja trójkąta uwagowego, która opiera się na założeniu, że aktywność uwagowa powiązana jest z trzema okolicami w mózgu. Okolice te odpowiadają trzem parametrom uwagi, mianowicie ekspresji (przednia i tylna część kory mózgowej), mechanizmowi wzmacniania (wzgórze, które odpowiada za wybiórcze aktywowanie różnych rejonów mózgu) i mechanizmowi kontroli (kora czołowa). Aktywacja trójkąta uwagowego może nastąpić w następstwie bodźców pochodzących ze środowiska, jak i również bodźców wewnętrznych. W przypadku bodźców zewnętrznych, docierają one do obszarów sensorycznych kory mózgowej [63].

Procesy uwagi zlokalizowane są zarówno w przedniej części kory mózgowej, jak i tylnej, w zależności od tego czy jest to mimowolna uwaga wzrokowa czy celowa uwaga wzrokowa. Różnica w neuronalnym mechanizmie jest odzwierciedleniem aktywności poszczególnych fal mózgowych w tych rejonach. Przykładowo, w stanie uwagi dowolna i przeszukiwania informacji, zaobserwowano zawansowaną

synchronizację w rytmie beta. Za pomocą neuroobrazowania metodą PET potwierdzono, iż istnieją cztery mózgowo mechanizmy uwagi:

- mechanizm w korze ciemieniowej regulujący uwagę w wymiarze przestrzennym;
- mechanizm w dolnym płacie skroniowym, który wybiera obiekty uwagi;
- mechanizm w płacie potylicznym i tylnym skroniowym, który wybiera cechy obiektów;
- mechanizm w czołowych polach wzrokowych, który zwraca uwagę na ruch[80]

Powyższe mechanizmy w dużej mierze dotyczą automatycznych procesów uwagi (procesy kierowania i utrzymywania uwagi). Mechanizmy świadomej kierowanej uwagi związane są przede wszystkim z płacami czołowymi.

Badania wykazały również związek górnej kory ciemieniowej z zadaniami przeszukiwania wzrokowego podczas przenoszenia uwagi pomiędzy takimi cechami obiektu, jak kolor i kształt. Zakłada się, iż wzgórze jest pewnego rodzaju łącznikiem pomiędzy obszarem ciemieniowym i czołowym a brzuszną drogą, która jest zaangażowana w rozpoznawanie obiektu, natomiast jądro poduszki wzgórza ma wpływ na koncentrację uwagi na obiekcie. Zaobserwowano także, iż uwaga wzrokowo-przestrzenna w przeważającej części związana jest z prawą półkulą, a uwaga ruchowa zdominowana jest lewopółkulowo[80].

Stwierdzono, iż utrzymywanie czujności prowadzi do większej aktywacji obszarów czołowo-ciemieniowych w prawej półkuli w czasie oczekiwania na bodziec, jak i w jego obecności. Aktywacja ta jest zlateralizowana w prawej półkuli bez względu na to czy, w gotowości jest prawa czy lewa strona ciała. Podtrzymywanie uwagi jest fundamentalnym aspektem wielu funkcji poznawczych. Przykładowo, pacjenci z uszkodzeniami prawostronnymi w części ciemieniowej tracą zdolność do utrzymywania uwagi [8].

Pamięć jest zbiorem oddzielnych procesów lub układów, powiązanych z aktywnością sieci neuronów i współpracujących ze sobą. Ponadto, według danych neurofizjologicznych niektóre obszary mózgu są bardziej znaczące dla powstawania pamięci danego rodzaju, a inne mniej [73]. Przykładowo, kora mózgu, a przede wszystkim płaty czołowe i ciemieniowe odpowiadają za pamięć długotrwałą, płat ciemieniowy jest istotny dla pamięci krótkotrwałej i pamięci długotrwałej skojarzeniowej, a hipokamp odpowiada za pamięć przestrzenną i epizodyczną o

pośrednim czasie życia. Ponadto, istotną rolę w procesach pamięci odgrywają wzajemne powiązania korowo-korowe, zarówno krótkie, jak i długie, a także inne możliwości przekazywania informacji między obu płacami [58].

W literaturze przedmiotu, wyszczególniono wiele rodzajów pamięci. Ze względu na zasadniczy cel niniejszej pracy, poniżej zostanie przedstawiona jedna klasyfikacja pamięci. Biorąc pod uwagę czas utrzymywania się śladu pamięciowego można wyróżnić trzy rodzaje pamięci, tj. pamięć natychmiastową (utrzymuje się w układzie nerwowym kilka sekund), krótkoterminową i długoterminową (ślady doznań zachowane są przez dłuższy czas) [73]. Fizjologicznym mechanizmem pamięci krótkotrwałej „są zmiany czynnościowe w układzie nerwowym powstające w efekcie zadziaływania bodźca, polegające na krążeniu impulsów w zamkniętych obwodach neuronów” [13]. Jak wcześniej wspomniano pamięć wymaga zaangażowania uwagi. Jej trwałość jest dłuższa niż pamięci sensorycznej (kilkanaście sekund do kilkunastu minut), ale bez koncentracji uwagi, informacja zostaje utracona. Pojemność pamięci krótkotrwałej to 7 ± 2 elementy, którymi mogą być litera, cyfra, figura geometryczna, ale i wyraz lub liczba (prawo Millera). Oczywiście istnieją techniki, poprzez które możliwe jest kodowanie większej liczby informacji, m.in. poprzez zwiększanie porcji informacji w poszczególnych elementach [35]. Pamięć krótkotrwała cechuje się dużą wrażliwością na zapomnienie, ale charakteryzuje się łatwym i natychmiastowym dostępem [95]. W procesie zapamiętywania należy rozróżnić dwa zjawiska, mianowicie: zapamiętywanie, w którym główną rolę odgrywa generowanie oraz przypominanie, gdzie istotne jest odtwarzanie informacji [58]. „W fazie zapamiętywania koncentrowanie uwagi na określonych bodźcach jest warunkiem ich wyraźnej percepcji, sprzyja także kodowaniu pamięciowemu wybranych informacji, ułatwiając ich opracowanie i identyfikację, związaną z odniesieniem do reprezentacji poznawczych. W fazie przypominania uwaga jest nieodzownym warunkiem przypomnień”. Trzeba jednak dodać, iż uwaga wspiera zapamiętywanie informacji, ale nie jest warunkiem koniecznym pamięci (przetwarzanie informacji może również odbywać się automatycznie) [13].

1.4.2. Neuroplastyczność mózgu

Fundamentalną rolę w życiu człowieka odgrywa **plastyczność mózgu**, czyli zdolność komórek nerwowych w mózgu do tworzenia nowych połączeń i regeneracji

już istniejących. Podczas nauczania w mózgach tworzą się połączenia, na komórkach nerwowych rozgałęziają się dendryty, a na nich powstają miliony synaps [75]. Każda część naszego ciała reprezentowana jest w innej części kory czuciowo-ruchowej - reprezentacja ta nosi miano homunkulusa czuciowego. Oznacza to, iż im większy obszar przeznaczony jest na określoną część ciała, tym bardziej jest ona wrażliwa. Przykładowo, każdy palec naszej prawej dłoni ma swoją reprezentację w części górnej powierzchni mózgu z lewej strony kory czuciowo-ruchowej. Badania, dotyczące muzyków wykazały, iż reprezentacja palców u skrzypków jest większa w prawej półkuli, jednakże, gdy takie osoby przestaną grać, połączenia synaptyczne zanikają. Ślady w naszych umysłach, będące wynikiem doświadczenia i bodźców z otaczającego nas świata nazywa się reprezentacjami świata zewnętrznego. Reprezentacje te powstają i ulegają zmianom i właśnie ten proces nazywa się uczeniem. W skład owych reprezentacji wchodziły neurony, które tworząc grupy komórek nerwowych, odpowiadają za konkretne aspekty środowiska, za zapachy, dźwięki, twarze, miejsca, słowa, plany, marzenia, wartości [45]. Reprezentacje neuronowe mogą tworzyć się dość szybko. Badania na szczurach wykazały, iż potrzebowały one zaledwie 10 min., aby niektóre neurony hipokampa (zwane neuronami miejsca) nauczyły się nowej części klatki. Udowodniono, iż u człowieka nauka słówek również uzależniona jest od powstania reprezentacji w hipokampie. Dawniej uważano, iż niemożliwy jest wzrost neuronów u dorosłych osobników, jednakże eksperymenty dowiodły, że jest inaczej. W tym miejscu należy dodać, iż nie stwierdzono wzrostu neuronów w korze mózgowej. Kora mózgowa uczy się inaczej niż hipokamp [91].

Badania wykazały, iż pod wpływem uczenia mózg człowieka zmienia się dość szybko. Zmiany w obszarze czuciowym i ruchowym, a dokładnie w obszarze kory mózgowej odpowiedzialnej za palce, zaobserwowano już po 5 dniach nauki na pianinie. W innym eksperymencie, po 3 miesiącach nauki żonglowania odnotowano powiększenie się dwóch obszarów w mózgu: pola śródskroniowego oraz lewej bruzdy śródcieniowej, odpowiadających za przetwarzanie wzrokowych informacji ruchowych. Jednakże, gdy zaprzestano ćwiczeń, po upływie 3 miesięcy, obszary te wróciły do normalnej wielkości [9].

Plastyczność mózgu, może również przybierać funkcje kompensacyjne, co wykazały badania, dotyczące utraty określonej funkcji u ludzi, np. kora słuchowa głuchych ludzi reaguje na ruchy rąk. Udowodniono, iż kora wzrokowa u ludzi niewidomych jest aktywna i reaguje na wyczuwane palcem znaki pisma Braille'a. Kora

wzrokowa znajduje się w dość dużej odległości od kory czuciowej, co wskazuje, że kora wzrokowa przejmuje zadania przetwarzania informacji dotykowych. Mózg osoby dorosłej cały czas zmienia się, powstają nowe połączenia, a te nieużywane zanikają. Neurony działają, tworząc sieci nerwowe a każdy z tych zespołów specjalizuje się w przetwarzaniu określonych bodźców. Przykładowo, dotknięcie palca, powoduje przetwarzanie bodźca dotykowego w sieci nerwowej w korze czuciowej. Informacja ta pobudza jeden zespół neuronów bardziej, inny mniej. Wysoki poziom pobudzenia zespołu neuronów, prowadzi do wzmocnienia połączeń pomiędzy należącymi do niego neuronami. Rezultatem wielokrotnego stymulowania danego zespołu są mocne połączenia, wysoko wyspecjalizowane w danej funkcji [9].

Pod wpływem uczenia się modyfikowane są **chemiczne cechy mózgu**, gdyż uczenie się to modyfikacja synaptycznej siły przekazywania impulsów na synapsach, które są aktywne. Im większa aktywność neuronów w danym obszarze kory mózgowej, tym większe prawdopodobieństwo, że dojdzie do zmian połączeń synaptycznych. Badania, dotyczące uwagi wykazały, iż silniejszemu pobudzeniu ulegają obszary, które biorą udział w przetwarzaniu tych aspektów i obiektów, na które jest aktualnie kierowana uwaga. Wzrost owej aktywności prowadził do lepszego zapamiętywania.

1.5. Trening EEG-Biofeedback – podstawowe założenia

Biofeedback, czyli biologiczne sprzężenie zwrotne jest rodzajem treningu, który ma za zadanie wywołać zmiany w funkcjonowaniu danego narządu, poprzez uzyskanie informacji zwrotnej o jego zachowaniu. Funkcje biologiczne związane z zachowaniem mierzą różnego rodzaju specjalistyczne aparaty [81].

Można wyodrębnić takie rodzaje biofeedbacku, jak: EEG Biofeedback (Elektroencefalograf), nazywany również neurofeedback, którego zadaniem jest rejestrowanie w danym momencie poszczególnych rytmów fal mózgowych, Biofeedback EMG (Elektromiogram) – dostarcza informacji o napięciu mięśniowym, Biofeedback GSR (Galwanometr) – dostarcza informacji o reakcji skórno-galwanicznej, Biofeedback EKG (Elektrokardiogram) - wykorzystuje biologiczne sprzężenie zwrotne pomiędzy czynnością serca a oddechem. Biofeedback HEG – mierzy temperaturę głowy za pomocą termometru na podczerwień, usytuowanego na głowie lub wykorzystuje zmiany spektrum podczerwieni, która jest generowana przez przepływającą krew [111].

Do rozwoju metody EEG-Biofeedback wiele wniosły prace B. Stermana w amerykańskim ośrodku lotów kosmicznych NASA (koniec lat 60-tych). B. Sterman zaczął zwiększać aktywność fal w zakresie 14 Hz u kotów. W pierwszej fazie, zadaniem głodnego kota było naciśnięcie dźwigni, by dostać pożywienie. Następnie, by nieco utrudnić to zadanie, koty chcąc otrzymać pokarm musiały rozpoznać zestaw błysków i dźwięków i dopiero nacisnąć dźwignię. Głodne koty wpatrując się w pokarm za szybko, wykazywały koncentrację uwagi, a w ich mózгах zaobserwowano przeważającą aktywność rytmu SMR (12-15 Hz) w korze czuciowo-ruchowej. Warto tutaj wspomnieć o innym ciekawym eksperymencie B. Stermana, związanym z wpływem paliwa raketowego na ośrodkowy układ nerwowy astronautów z uwagi na występujące halucynacje. Do testów wykorzystano również koty, zarówno te, u których uprzednio wzmacniano rytm SMR, jak i zwierzęta nowo zakupione. Zakupione koty dostawały napadów drgawkowych i umierały, a te u których wzmacniano rytm SMR były odporne na epilepsję. Eksperyment przyczynił się do opisanie nowej metody leczenia padaczki [75][112].

Mózg w swojej aktywności wytwarza określone częstotliwości fal mózgowych. Zakończenia nerwów w każdej komórce ciała są połączone z ośrodkami kierującymi w mózgu, dlatego też naturalnym jest, iż stan świadomości odzwierciedla się w parametrach funkcji biologicznych mózgu [78]. Z punktu widzenia terapii EEG-Biofeedback najważniejszą informacją jest, iż określone fale mózgowie powiązane są z określonymi stanami fizjologicznymi (Tabela 1).

Tabela 1. Występowanie fal mózgowych prawidłowo i nieprawidłowo

RODZAJ FAL MÓZGOWYCH	STAN FIZJOLOGICZNY A WYSTĘPOWANIE OKREŚLONYCH FAL	FALE NIEPRAWIDŁOWE-OBRAZ KLINICZNY
FALE DELTA (0,5-3 Hz)	występują we śnie, ale i po urazach czaszki	nadmiar: choroby neurologiczne, psychiczne
FALE THETA (4-7 Hz)	zaburzenia uwagi, mikrouszkodzenia mózgu, ale w trakcie głębokiej relaksacji, medytacji	nadmiar: zaburzenia funkcji poznawczych, urazy, leki, upośledzenie umysłowe
FALE ALFA (8-12 Hz)	w czasie głębokiej relaksacji, wizualizacji, czuwania przy oczach zamkniętych, biernej uwadze	niedobór: alkoholicy, nadmiar: brak motywacji, depresja, zaburzenia koncentracji
FALE SMR (12-15 Hz)	rytm sensoryczno-motoryczny – w trakcie relaksacji z zewnętrzną uwagą, a także w czuwaniu przy oczach otwartych	brak: np. ADHD, autyści, niepokój, nadrucliwość
FALE BETA 1 (15-18 Hz)	widoczne są w czasie myślenia, działania i uwagi zewnętrznej	niedobór: depresja, brak koncentracji, wolne tempo pracy
FALE BETA 2 (18-35 Hz)	przy negatywnych emocjach, napięciu, lęku, stresie	stres, lęk, trema, strach, leki
FALE GAMMA (powyżej 35 Hz)	w trakcie skrajnych emocji, przeżyć	brak np. w schizofrenii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *M.Pakszys, EEG-Biofeedback. Metoda doskonalenia funkcji poznawczych*, Materiały szkoleniowe EEG Instytutu, Warszawa 2010

Trening EEG-Biofeedback to podawanie osobie trenującej sygnałów zwrotnych o zmianach stanu fizjologicznego jej organizmu (za pomocą specjalistycznej aparatury – elektroencefalografu z odpowiednim oprogramowaniem), dzięki czemu może ona nauczyć się świadomie modyfikować funkcje, które normalnie nie są kontrolowane świadomie. Podczas treningu EEG-Biofeedback jednostka uczy się zmieniać swoją aktywność bioelektryczną mózgu, tj. zmieniać aktywność poszczególnych fal mózgowych. Uczenie to odbywa się za pomocą otrzymywania informacji zwrotnej [79].

Zrozumienie działania terapii EEG-Biofeedback wymaga znajomości fizjologii oraz funkcjonowania komórek nerwowych. Układ nerwowy jest zbudowany z komórek nerwowych – neuronów, które odbierają i przekazują informacje z pomocą impulsów

nerwowych (impulsów elektrycznych). Mózg zawiera miliardy neuronów, z których każdy tworzy połączenia synaptyczne z tysiącem innych neuronów. Dzięki tej skomplikowanej sieci połączeń mózg odpowiada za inteligencję, pamięć, umiejętność uczenia się, emocje czy koncentrację uwagi. **Im więcej jest tych połączeń** i im sprawniejsze przekazywanie impulsów, tym lepsze funkcjonowanie poznawcze człowieka. Uczenie się optymalnej pracy mózgu w trakcie treningu EEG-Biofeedback to właśnie stymulowanie neuronów do skuteczniejszego przekazywania impulsów oraz tworzenie nowych połączeń (synaps) do tego celu [9].

Skuteczność treningu neurofeedback uzależniona jest od wielu zmiennych pośredniczących, którymi są między innymi psychologiczne czynniki wpływające na procesy poznawcze (uwaga, pamięć, inteligencja, cechy układu nerwowego). Zatem uwzględnia się rolę czynników wewnętrznych. Podczas treningu jednostka jest poznawczo aktywna, owa aktywność jest oczywiście uwarunkowana czynnikami wewnętrznymi, należy jednak podkreślić, iż uwaga osoby trenującej musi być skierowana ku toczącej się grze komputerowej.

Spektrum zastosowań terapii EEG-Biofeedback jest bardzo szerokie. Trening neurofeedback można stosować u dzieci, młodzieży, a także u dorosłych m.in. w przypadku zaburzeń zaprezentowanych w Tabeli 2.

Tabela 2. Zastosowanie treningu EEG-Biofeedback

ZASTOSOWANIE TRENINGU EEG-BIOFEEDBACK		
ZABURZENIA	DYSFUNKCJE	DLA ZDROWYCH
<ul style="list-style-type: none"> • Afazja • Padaczka • Zespół Touretta • Porażenia dziecięce • zespół Aspergera • Zespół stresu pourazowego • Bóle przewlekłe • chorobach psychosomatyczne • Bulimia, anoreksja • Rehabilitacja po urazie czaszki lub udarze mózgu • Upośledzenie w stopniu lekkim 	<ul style="list-style-type: none"> • Zaburzenia koncentracji uwagi (ADD) • Nadpobudliwość psychoruchowa, ADHD, • Specyficzne problemy w nauce np. dysleksja • Trudności w zasypianiu • Depresja • Chroniczny stres 	<ul style="list-style-type: none"> • Celem obniżenia poziomu stresu, • Celem poprawy samopoczucia i zyskania energii do działania • Celem szybkiego uczenia się (np. szybszego przyswajania języków obcych) • Celem poprawy koncentracji uwagi i tym samym osiągnięcia lepszych wyników w nauce i pracy zawodowej • Celem zwiększenia kreatywności • Celem zniwelowania tremy i obniżonej samooceny • Celem optymalnego wykorzystania własnych możliwości intelektualnych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie M.Pakszys, *Kompendium wiedzy dla neuropsychoterapeutów EEG-Biofeedback* Materiały szkoleniowe EEG Instytutu, Warszawa 2010

Czas trwania i liczba sesji treningowych neurofeedback zależna jest od różnic indywidualnych, wieku, rodzaju zaburzeń, dysfunkcji. Średnio przyjmuje się, iż potrzeba od 10 do 60 sesji terapeutycznych:

- 10-20 treningów dla osób zdrowych (dla usprawnienia funkcji poznawczych, koncentracji, dla poprawy snu);
- 20-40 (a nawet 60) treningów w przypadkach: ADHD, ADD, zaburzenia uwagi, dysleksja, zespół Aspergera, impulsywność, depresja, zaburzenia snu, przewlekłe bóle głowy i migreny (poprawę można uzyskać już po 20 sesjach, ale by efekty były trwałe oraz satysfakcjonujące, koniecznych jest 40 treningów i więcej);

- powyżej 50 treningów (rehabilitacja po urazie czaszki i mózgu, afazja, porażenie mózgowe, padaczki i tiki, upośledzenie umysłowe) [77].

W klasyfikacji APA istnieje pięć poziomów, które określają efektywność metod leczenia. Poziomy te zdefiniowano w następujący sposób [6]:

- Poziom 1- nie potwierdzono naukowo;
- Poziom 2- może być skuteczna, zawiera metody leczenia zbadane co najmniej w jednym badaniu, posiadające odpowiednią ocenę statystyczną; brak randomizacji badania;
- Poziom 3 – prawdopodobnie skuteczna, pozytywne efekty leczenia były zaobserwowane w wielu badaniach klinicznych;
- Poziom 4 - wysoka skuteczność potwierdzona empirycznie, ponadto kiedy zostały poniższe kryteria: porównanie z grupą kontrolną (placebo lub metoda alternatywna), gdzie efektywność była co najmniej porównywalna z alternatywną, ściśle zdefiniowane kryteria włączenia do terapii, zastosowanie istotnych parametrów diagnostycznych choroby, poddanie wyników badań analizie statystycznej, jasno zdefiniowane parametry i procedury, umożliwiające odtworzenie badań przez niezależnych naukowców oraz potwierdzenie przez co najmniej dwa niezależne badania wyższości bądź równoważności metody
- Poziom 5 – skuteczna i określona.

Na podstawie wyników badań V.J Monastra wraz z współpracownikami, zakwalifikował metodę EEG-Biofeedback do metod prawdopodobnie skutecznych (poziom 3) w leczeniu ADHD [6].

Należy podkreślić również znaczenie motywacji do treningu i motywacji zadaniowej, na którą ma wpływ nie tylko trenujący i terapeuta, ale i rodzic/ opiekun w przypadku dziecka. Nie zawsze dźwięk czy obraz podczas treningu (reakcja pożądana, pozytywne wzmocnienie) jest najskuteczniejszym wzmocnieniem, na pewno jest jednak informacją zwrotną, docierająca do jednostki, jako wynik jej zachowań. Zauważalna jest więc podwójna rola wzmocnienia - motywacyjna i informacyjna.

W trakcie treningu neurofeedback, istotna jest rola wzmocnienia, które definiuje się jako zdarzenie, które pojawia się po zadziałaniu bodźca i wykonaniu reakcji i prowadzi do powstania asocjacji (skojarzenia). Podczas treningu EEG-Biofeedback ważna staje się kwestia czasu wzmocnienia, to znaczy w jakim czasie od prawidłowej reakcji powinno się zastosować wzmocnienie, i tu przyjmuje się czas nawet do 0,25

sekundy. Opóźnienie wzmocnienia nawet o 7 sekund powoduje spadek szybkości uczenia się. Nie bez znaczenia jest również wielkość wzmocnienia czy też jego jakość, która wpływa na poziom aktualnego wykonania. Ponadto, udowodniono względną wartość zachęt, niezależnie od cech obiektywnych, to znaczy, że dla jednej osoby coś jest wartościowe dla innej nie [108]. Na skuteczność procesu uczenia ma również informacja o wynikach, jaka jest dostarczana osobie uczącej się. Badania wykazały, iż dźwięk, sygnalizujący prawidłowe wykonanie zadania działa efektywniej niż sygnalizowanie nieprawidłowo wykonanego zadania. Inne badania wykazały, iż ważny jest również rodzaj dźwięku (przyjemny/nieprzyjemny) choć bardziej istotna jest treść, jaką niesie sygnał [108]. Podczas treningu niezwykle istotne jest poczucie wewnętrznej kontroli. Zgodnie z koncepcją umiejscowienia kontroli J.Rottera, „zachowanie jest zdeterminowane przez oczekiwania, wzmocnienia, sytuację psychologiczną”. Postrzeganie wzmocnienia, jako konsekwencji własnego działania, sprzyja powstawaniu poczucia wewnętrznego umiejscowienia kontroli i co za tym idzie, prowadzi do wiary we własne możliwości i wyższej motywacji osiągnąć [87].

1.6. Trening EEG-Biofeedback w praktyce klinicznej - przykłady zastosowania

Terapia neurofeedback znalazła zastosowanie we wspomaganie leczenia wielu zaburzeń. Trening EEG-Biofeedback jest traktowany nie tylko, jako metoda alternatywna dla terapii farmakologicznej, ale raczej jako terapia wspomagająca. Jest to metoda terapii stosowana od wielu lat za granicą. W Polsce jest również wykorzystywana, natomiast wiedza o niej nadal jest znikoma. Badania prowadzone za granicą wykazały skuteczność treningu neurofeedback w odniesieniu do wielu dysfunkcji. Trzeba jednak zaznaczyć, iż ma ona również przeciwników, którzy starają się zakwestionować ponad 20 letnią praktykę w zakresie tej metody, wskazując, iż jest nieskuteczna.

Trening neurofeedback wykazuje się skutecznością w przypadku **mikrouszkodzeń mózgu** - średnio u 85% dzieci z minimalnym uszkodzeniem mózgu zaobserwowano polepszenie funkcji poznawczych, polepszenie wyników uczenia się, polepszenie rozwoju mowy, lepsze funkcjonowanie w nauce szkolnej [77].

Trening EEG-Biofeedback stosuje się w terapii padaczki (pierwsze badania nad tą metodą dotyczyły właśnie epilepsji). „Napad padaczkowy jest krótkim nadmiernym wyładowaniem czynności elektrycznej mózgu, zmieniającym zachowanie chorego” [17]. Badania wykazały, iż zwiększanie rytmu SMR prowadzi do podwyższenia progu drgawkowego i tym samym do zmniejszenia się ilości napadów (m.in. pierwsze badania B.Stermana na zwierzętach) [93]. Metodę tą wykorzystuje się wspomagająco w przypadku osób, cierpiących na Zespół Tourette'a (obok farmakoterapii i psychoterapii), gdyż pozwala się wyciszyć i zmniejszyć występowanie ruchów mimowolnych [66].

Trening EEG-Biofeedback jest wykorzystywany w leczeniu napięciowych bólów głowy, migren, a także w leczeniu bólów poudarowych i pourazowych. W przypadku osób z przewlekłymi zespołami bólowymi zadawalający wynik terapii otrzymuje się po 30 treningach; z reguły potrzebna jest większa ilość sesji oraz powtarzanie treningów co 6-12 miesięcy [47]. Terapia neurofeedback okazała się skuteczna, także w leczeniu wielu zespołów klinicznych, przebiegających bez bólu, m.in. depresji, nerwicy, lekomanii, zespole Aspergera, a także w uzależnieniu od komputerów [49].

Trening neurofeedback (oraz inne rodzaje biofeedback) znalazł swoje zastosowanie również w neurorehabilitacji. Neurorehabilitacja to zbiór metod, mających na celu poprawę w zakresie funkcji neurologicznych, np. w przypadku urazów, chorób w obrębie mózgowia lub rdzenia kręgowego. Metodę EEG-Biofeedback z sukcesem wykorzystano u pacjentów po udarze mózgu z występującym niedowładem w obrębie kończyny górnej. Efektem treningu było pojawienie się dowolnej aktywności prostowników palców (potwierdzonej elektromiograficznie) u osób z ciężkim niedowładem kończyny [53].

Badania kliniczne wykazały, że u chorych z zespołem Aspergera po zastosowaniu terapii neurofeedback odnotowano zmniejszenie się objawów tego zaburzenia, poprawę zdolności poznawczych, w tym koncentracji uwagi, a także zmniejszenie niepokoju i poprawę funkcjonowania społecznego oraz wzrost IQ (ilorazu inteligencji) średnio o 9 punktów. Obserwacji klinicznej poddano 150 pacjentów w zespołem Aspergera i 9 pacjentów z chorobami ze spektrum autyzmu (ASD). Pacjenci uczestniczyli w 40-60 treningach EEG-Biofeedback. Protokół treningowy, jaki zastosowano dla większości pacjentów polegał na zmniejszaniu aktywności fal wolnych (3-7 Hz) i fal beta2 (18-35 Hz) oraz na zwiększaniu aktywności rytmu SMR. Ułożenie elektrod najczęściej było w punktach Cz i Fcz [98].

Badania V. Vernon (2003) wykazały związek pomiędzy rytmem theta a pamięcią operacyjną i rytmem SMR a procesami uwagi. Udowodniono, że 8 sesji neurofeedback u zdrowych ludzi, pozytywnie wpływa na pewne aspekty procesów poznawczych. W badaniu wzięło udział 30 studentów medycyny. Grupę badaną podzielono na dwie podgrupy, z których jedna była objęta treningiem theta/delta, gdzie celem treningu było zwiększanie aktywności fali theta i hamowanie aktywności fali alfa i delta. Drugą podgrupę objęto treningiem SMR/theta, gdzie zwiększano aktywność rytmu SMR i hamowano aktywność rytmu theta i beta (18-22 Hz). Wynikiem eksperymentu był wzrost wskaźnika theta/delta i polepszenie parametrów pamięci roboczej w grupie pierwszej oraz wzrost wskaźnika SMR/theta i polepszenie wybranych wskaźników uwagi w grupie drugiej. W wyniku treningu neurofeedback nie zaobserwowano jednoznacznych zmian w obrazie EEG [100].

Skuteczność terapii neurofeedback odnotowano również w przypadku dzieci z dysleksją. W badaniu wzięło udział 19 dzieci, z czego 10 włączono do terapii neurofeedback. Protokoły treningowe bazowały na indywidualnym badaniu QEEG. Każde dziecko odbyło 20 sesji w przeciągu 10 tygodni. W grupie badanej odnotowano znaczącą poprawę w ortografii i żadnych pozytywnych zmian w czytaniu [11]. Poprawę płynności czytania u dzieci z dysleksją, w wyniku zastosowania terapii EEG-Biofeedback wykazały badania Walker (2006). Treningi były prowadzone według indywidualnie skonstruowanych protokołów, najczęściej w okolicy czołowej i centralnej. Analizy oparte między innymi na funkcjonalnym rezonansie magnetycznym wykazały, iż niektóre obszary mózgu u dzieci z dysleksją są mniej aktywne, zaznacza się tu przede wszystkim rolę ośrodka mowy Broki i Wernickiego. Ponadto badania tego autora potwierdziły, iż prowadzenie treningu neurofeedback w pozycji T3 (według systemu 10/20) i zwiększanie aktywności 16-18 Hz poprawia szybkość czytania u dzieci z dysleksją [103]. Badania Mosanezhad-Jeddi (2013) wykazały, iż trenowanie w miejscach T3 i F7, gdzie hamowano aktywność fali delta i theta oraz zwiększano aktywność fali beta, wpływało na poprawę koncentracji uwagi i pamięci krótkotrwałej u dzieci z dysleksją [69].

Zaprezentowany przegląd badań z zakresu stosowania treningu neurofeedback, nie wyczerpuje całokształtu problematyki. Jego zadaniem było jedynie ukazanie różnorodności zastosowania tego typu terapii. Poniżej przedstawiono zastosowanie terapii neurofeedback w odniesieniu do dzieci z ADHD.

W badaniach przeprowadzonych przez V. J. Monastra i wsp. (2002) wzięło udział 100 dzieci z ADHD w wieku 6-19 lat, w tym 51 uczestniczyło w terapii neurofeedback (41 osób z ADHD typu mieszanego i 10 osób z ADHD z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi). Dzieci uczestniczyły w 30-40 minutowym treningach raz w tygodniu; zastosowano protokół Lubarów. Po roku wszyscy uczestnicy programu zostali przebadani; w obu grupach zanotowano poprawę w zakresie redukcji objawów ADHD, poprawę koncentracji uwagi oraz normalizację zapisu w QEEG. Następnie uczestnicy programu odstawili lekarstwa (Ritalin) na 7 dni i zostali ponownie poddani powyższym testom; jedynie w grupie neurofeedback utrzymała się poprawa [68].

T.Fuchs i wsp. (2003) dowiódł, iż skuteczność terapii neurofeedback jest porównywalna do efektu farmakologicznego. W eksperymencie wzięło udział 34 dzieci z ADHD w wieku 8-12 lat. 22 osoby zostały poddane terapii EEG-Biofeedback przez 12 tygodni, uczęszczając na sesje 3 razy w tygodniu (40 treningów). 12 dzieci zażywało lek (Methylphenidate) i nie uczestniczyło w treningach. Terapia neurofeedback polegała na zwiększeniu amplitudy rytmu 12-15 Hz i 15-18 Hz i zmniejszeniu amplitudy rytmu 4-8 Hz w określonych miejscach na korze mózgowej, wyznaczonych według systemu 10-20. U dzieci z przewagą impulsywności trenowano w miejscu C4, u dzieci z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi trenowano w miejscu C3, natomiast u dzieci z podtypem ADHD mieszanym trenowano w obu miejscach. W wyniku badań wykazano, iż efekty terapii EEG-Biofeedback są zbliżone do efektów terapii farmakologicznej [21]. Podobne wyniki badań otrzymał M.A.Nazari i wsp. (2011), który potwierdził, iż trening EEG-Biofeedback może być alternatywną terapią dla dzieci, których rodzice nie wyrażają zgody na przyjmowanie leków przez ich dzieci. Mimo, iż w post-testach (dotyczących objawów ADHD i funkcji poznawczych) terapia farmakologiczna okazała się bardziej efektywna od neurofeedback, to różnice te nie były istotne [71]. Istotnie znaczące różnice pomiędzy treningiem neurofeedback a terapią farmakologiczną odnotował w swych badaniach G.Ogrim (2013). Autor zaobserwował, iż terapia farmakologiczna jest skuteczniejsza w redukcji symptomów ADHD niż trening neurofeedback [74].

H.Gevensleben i wsp. (2009) zbadali skuteczność treningu EEG-Biofeedback, podzielonego na dwa bloki treningowe (SCP i theta/beta) w odniesieniu do dzieci z ADHD. Grupę eksperymentalną poddano terapii EEG-Biofeedback, grupę kontrolną poddano treningowi koncentracji uwagi AST (Attention Skills Training), w postaci odrębnego oprogramowania. Grupa eksperymentalna trenowała według dwóch

protokołów, mianowicie SCP (wolne potencjały korowe) i theta/beta. Rezultatem badań było udowodnienie, iż osoby, które zostały objęte treningiem EEG-Biofeedback uzyskały lepsze wyniki w testach mierzących funkcje poznawcze w porównaniu do grupy kontrolnej [22]. Efekt terapii utrzymywał się do 6 miesięcy po jej zakończeniu [24].

Badania S.Wangler i wsp. (2011) wykazały, iż sukces treningu neurofeedback można przewidzieć poprzez przedtreningowy pomiar EEG. W ramach eksperymentu, dzieci z ADHD uczestniczyły w jednym z dwóch treningów: w treningu EEG-Biofeedback lub komputerowym treningu z zakresu umiejętności skupienia uwagi (w stosunku 3: 2). Trening NF składał się z jednego bloku theta/beta i jednego bloku treningowego powolnego potencjału korowego (SCP), z których każdy blok składał się z 18 jednostek treningowych. W ocenie rodziców i nauczycieli, w grupie neurofeedback uzyskano większą poprawę. W EEG spoczynkowym, zanotowano redukcję aktywności fali theta po łączonym treningu neurofeedback. Wyraźne związki pomiędzy zapisem EEG i poprawą na poziomie behawioralnym (głównie dotyczące nadpobudliwości psychoruchowej/impulsywności) dodatkowo wspierały specyfikę efektów neurofeedback. W bloku treningowym theta/beta zanotowana poprawa była związana z większą aktywnością przedtreningową fali theta, a także z większą redukcją aktywności fali theta, zwłaszcza w ośrodkach ciemieniowych i środkowych. W bloku treningowym SCP, uzyskano efekty w rytmie alfa. Mniejsza ciemieniowa aktywność fali alfa i większy wzrost aktywności centralnej fali alfa były związane z większą poprawą zachowania [104].

W badaniach J. Mazurek i wsp. (2003) z zastosowaniem treningu EEG-Biofeedback uzyskano poprawę parametrów theta/beta i theta/SMR oraz normalizację wyjściowo nieprawidłowego zapisu EEG u dzieci z ADHD. W badaniu wzięło udział 10 dzieci (9 chłopców i 1 dziewczynka) w wieku 8-11 lat. Badane osoby były leczone z powodu zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi, ze współistniejącym mikrouszkodzeniem centralnego układu nerwowego. Do oceny poprawy klinicznej zastosowano Skalę Ogólnej Oceny Klinicznej (CGI), dodatkowo każda osoba miała wykonany standardowe badanie EEG przed pierwszym i po ostatnim treningu. Osoby badane zostały poddane 10 sesjom terapeutycznym w odstępach 1-2 dniowych; czas trwania jednej sesji – 30 min. U wszystkich badanych zastosowano uniwersalny protokół treningu C3/theta/beta i C4/theta/SMR, z przewagą stymulacji półkuli prawej (6 rund po 3 min). Po zakończonej terapii u wszystkich badanych odnotowano

normalizację zapisu, polegającą na zmniejszeniu ilości fal wolnych oraz ustąpieniu fal ostrych w odprowadzeniach skroniowo-ciemieniowo-potylicznych. Po serii 10 treningów EEG-Biofeedback odnotowano również poprawę parametrów theta/beta i theta/SMR, ze szczególną zmianą w zakresie ilorazu theta/beta dla półkuli prawej. Z uwagi na to, iż wyjściowy stan kliniczny dzieci był zróżnicowany, u sześciorga dzieci nie odnotowano żadnej zmiany nasilenia objawów ADHD, u dwojga zaobserwowano nieznaczną poprawę objawową, a u dwojga nieznaczące pogorszenie. Czas trwania terapii (ok.2 tygodnie) był stosunkowo za krótki, by nastąpiła zauważalna zmiana w zakresie ustąpienia objawów ADHD [64].

Badania A. Kubik i P. Kubik (2011) wykazały, iż trening EEG-Biofeedback wpływa pozytywnie na organizację przestrzenną zapisu EEG u dzieci z ADHD. W badaniach wzięło udział 79 dzieci w wieku 6-17 lat z syndromem ADHD. Najliczniejszą grupę stanowiły dzieci z „czystym” ADHD oraz dzieci z ADHD z zaburzeniami emocjonalnymi, a grupy dzieci z ADHD z dysleksją i zaburzeniami zachowania liczyły po 14 osób. Analizy wzrokowej zapisu EEG dokonano przed i po odbyciu terapii neurofeedback, trwającej średnio 11 m-cy (40-80 treningów). Analizie poddano między innymi takie parametry zapisu EEG, jak: czynność podstawowa, cechy dojrzałości zapisu, obecność grafoelementów padaczkokształtnych, napadowość, lateralizację i lokalizację zmian patologicznych. Obliczono również wskaźnik theta/beta. U dzieci, u których wraz z ADHD współwystępowała dysleksja zaobserwowano zwiększoną aktywność fal wolnych, tj. theta i delta w okolicach potylicznych oraz aktywność theta i alfa i ich amplitud w okolicy czołowo-skroniowo-ciemieniowej po stronie lewej. W grupie ADHD z zaburzeniami emocjonalnymi zaobserwowano zwiększenie udziału czynności szybkiej beta w okolicach centralno-środkowo-skroniowych z przewagą w półkuli prawej (związane prawdopodobnie z wysokim poziomem lęku). U dzieci z ADHD z zaburzeniami zachowania częściej występowały napadowe zmiany zlokalizowane pod postacią fal wolnych i ostrych w skroniowo-centralno-ciemieniowych z przewagą po stronie prawej. Na podstawie zapisu EEG opracowano indywidualne protokoły dla uczestników. W wyniku przeprowadzonej analizy, wykazano istotny wpływ terapii neurofeedback na wszystkie parametry zapisu EEG poza grafoelementów padaczkokształtnych. Terapia poprawiła zróżnicowanie przestrzenne w największym stopniu u dzieci z ADHD i dysleksją, zaś mniejszym stopniu u dzieci z ADHD „czystym”. We wszystkich badanych grupach zmniejszeniu uległ również współczynnik theta/beta, ale nie pozwalał na ich odróżnienie [50].

W badaniach M. Arns i wsp. (2012), postulowano, by terapia neurofeedback oparta była na indywidualnie skonstruowanych protokołach treningowych. W tym celu naukowcy przebadali 21 osób z ADHD za pomocą QEEG, następnie wyniki analizy ujęto w pięć protokołów neurofeedback według których prowadzono trening, mianowicie: protokół theta/beta (w pozycjach Fz, FCz lub Cz), protokół alfa (fronto central alpha), protokół beta (Beta-downtraining), protokół niskonapięciowego EEG (protokół SMR lub SMR/theta lub alfa) oraz protokół SMR, gdy badanie QEEG nie wskazywało jednoznacznych zaburzeń. Protokoły te zastosowano w treningu neurofeedback jednocześnie dla poszczególnych osób. W wyniku badań odnotowano pozytywne rezultaty w odniesieniu do zaburzeń koncentracji uwagi, impulsywności/hiperaktywności i depresji. Przeprowadzony eksperyment wykazał, iż indywidualizowanie terapii neurofeedback na podstawie QEEG pozytywnie wpływa na jej wynik, w szczególności w odniesieniu do zaburzeń koncentracji uwagi [5].

Badania V. Meisel i wsp. (2014) wykazały, iż trening neurofeedback jest skuteczny w stopniu porównywalnym do terapii farmakologicznej. Uczestnikami grup badanych były dzieci w wieku 7-11 lat, z ilorazem inteligencji powyżej 80 w skali WISC-IV, u których stwierdzono symptomy ADHD za pomocą skali ADHD RS-IV. Liczba dzieci zakwalifikowanych do terapii neurofeedback liczyła 12 osób, 11 dzieci przyjmowało leki (methylphenidate 1x dziennie). Grupa poddana terapii neurofeedback odbyła 40 treningów theta/beta dwa razy w tygodniu, każda sesja trwała 6 rund po 4 min, czyli łączny czas treningu 24 min. W trakcie treningu elektroda była usytuowana w miejscu Cz (według systemu 10/20). Wnioskiem z badań było stwierdzenie, iż terapia neurofeedback jest równie skuteczna jak terapia farmakologiczna, natomiast należałoby traktować ją, jako terapię komplementarną, a nie alternatywną. Efekty terapii neurofeedback utrzymywały się od 2-6 m-cy po jej zakończeniu [65].

N.J.Steiner i wsp. (2014) potwierdziła skuteczność terapii neurofeedback w porównaniu z treningiem poznawczym i z grupą kontrolną. W 40 treningach EEG-Biofeedback (45 minutowych, 3 razy w tygodniu) wzięło udział 34 dzieci w wieku 7-11 lat, u których zdiagnozowano ADHD. W wyniku terapii neurofeedback zaobserwowano zmniejszenie się nasilenia objawów wchodzących w skład zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi. Pozytywne skutki terapii neurofeedback utrzymywały się do 6 miesięcy po jej zakończeniu. Ponadto, uczniowie którzy uczestniczyli w treningu poznawczym i osoby z grupy kontrolnej musiały zwiększyć

dawkę przyjmowanego leku na ADHD, natomiast osoby z grupy neurofeedback nie [92].

Skuteczność terapii neurofeedback odnotowano również w stosunku do dorosłych, cierpiących na ADHD w porównaniu z grupą kontrolną. Treningiem neurofeedback objęto 52 osób w wieku 6-53 lat, których poddano 20-30 min treningom 2-3 razy w tygodniu. Podczas treningu neurofeedback zastosowano dwa protokoły treningowe tj. trening SMR (w miejscach C3, Cz, C4) oraz trening theta/beta (w miejscach Fz, FCz, Cz). Na podstawie wykonanego QEEG, osobom badanym przydzielono odpowiedni protokół (w większości trening SMR). W rezultacie badań zaobserwowano, iż trening neurofeedback zmniejsza problemy ze snem u osób dorosłych z ADHD, ponadto poprawia koncentrację uwagi. Pozytywny wpływ na powyższe dysfunkcje, miał w szczególności protokół treningowy SMR [7].

Badania H. N. A. Logemann i wsp. (2010) wykazały, że terapia neurofeedback nie jest skuteczna w redukcji objawów nieuwagi i impulsywności. W badaniach wzięło udział 27 studentów, których zakwalifikowano do terapii na podstawie relatywnie wysokich wyników, uzyskanych w kwestionariuszach, mierzących zaburzenia koncentracji uwagi i impulsywność. Następnie część studentów włączono do grupy z treningiem neurofeedback, część do grupy sham (*sham group*). Uczestnicy odbyli 16 treningów (na początku zakładano 30 sesji, ale z uwagi na brak efektu zmniejszono ich liczbę), trwających 22 minuty. Protokoły zostały dobrane indywidualnie na podstawie QEEG. Porównanie wyników przed i po terapii, wykazało, iż terapia neurofeedback nie jest skuteczniejsza od „falszywej” terapii (*sham feedback treatment*) [59].

W badaniach M. Lansbergen i wsp. (2011) wzięło udział 14 dzieci w wieku 8-15 lat ze zdiagnozowanym ADHD, przy czym 8 losowo wybranych osób zostało włączonych do grupy EEG-Biofeedback, 6 losowo wybranych osób włączono do grupy placebo. Większość dzieci przyjmowała leki farmakologiczne (5 dzieci z grupy neurofeedback i 4 dzieci z grupy placebo). Uczestnicy zostali poddani 30 sesjom terapeutycznym, 2 x w tygodniu (przez okres 4 miesięcy) według indywidualnych protokołów treningowych. Czas trwania treningu neurofeedback – 20 min. Podczas treningu dzieci oglądały film. Dzieci otrzymywały pozytywny feedback (który był sygnalizowany rozjaśnianiem się ekranu i dźwiękiem), gdy osiągały optymalny wskaźnik theta/SMR. Pozytywny feedback, był ustawiony automatycznie, tzn. próg był automatycznie skorygowany w oparciu o dane EEG co 30 s, tak, że dziecko było „nagradzane” przez około 80% czasu. Ponadto rodzice uczestniczyli w sesjach treningowych, nie wiedząc lub domyślając się,

której terapii poddawane jest ich dziecko (neurofeedback czy placebo). Przebieg treningu u dzieci w grupie placebo był identyczny (z użyciem symulatora). W wyniku badań stwierdzono, że efektywność terapii neurofeedback nie jest znacząco lepsza od terapii placebo. W skali CGI-I tylko dwoje dzieci z grupy neurofeedback i dwoje z grupy placebo uzyskały minimalną poprawę kliniczną; jedno dziecko uzyskało znaczną poprawę kliniczną. Jeśli chodzi o liczbę i natężenie symptomów, takich jak nieuwaga, impulsywność i nadruchliwość nie odnotowano większej skuteczności terapii neurofeedback [55].

Badania L. E. Arnold i wsp. (2013) wykazały, iż terapia neurofeedback nie jest istotnie lepsza niż terapia placebo. W badaniu wzięło udział 39 dzieci w wieku 6-12 lat ze zdiagnozowanym ADHD. Do aktywnej terapii włączono 26 osób, 13 osób do grupy *sham* (*sham neurofeedback*). Grupa neurofeedback uczestniczyła w 40 sesjach 2x w tygodniu, grupa *sham* 3x w tygodniu. Grupa neurofeedback trenowała w miejscu Cz, celem zmniejszenia wskaźnika theta/alfa i zwiększając aktywność rytmu beta i SMR. Przed terapią, jak i po jej zakończeniu uczestnicy zostali poddani ocenie nasilenia objawów ADHD. Wynikiem tych badań, było stwierdzenie, iż terapia neurofeedback nie jest bardziej skuteczna niż terapia placebo, a nawet w niektórych pomiarach grupa placebo miała lepsze wyniki [4].

Eksperyment M. A. Vollebregt i wsp. (2014) wykazał, iż terapia neurofeedback nie poprawia funkcji poznawczych u dzieci z ADHD. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem grupy placebo. Udział w badaniu wzięło 41 dzieci w wieku 8-15 lat ze zdiagnozowanym ADHD, w tym dzieci z zaburzeniami opozycyjno-buntowniczymi, zaburzeniami lękowymi oraz z dysleksją. Większość dzieci przyjmowała leki. Dzieci losowo włączono do grupy EEG-Biofeedback (22 osoby) lub do grupy placebo (19 osób). Uczestników poddano 30 sesjom terapeutycznym dwa razy w tygodniu. W grupie EEG-neurofeedback dzieci oglądały film przez 20 min, starając się utrzymywać stan skupienia. Pozytywne skupienie (feedback) było sygnalizowane rozjaśnianiem się ekranu komputera i dźwiękiem. Większość dzieci trenowała według indywidualnie skonstruowanych protokołów. Identycznej procedurze poddano dzieci z grupy placebo, z tym że dzieci otrzymywały feedback na symulatorze EEG. Rezultatem badań powyższych autorów było stwierdzenie, iż terapia EEG-neurofeedback nie poprawia funkcji poznawczych u dzieci z ADHD [101].

Terapia neurofeedback nie jest jeszcze całkowicie akceptowana, ponieważ nadal istnieje procent pacjentów, u których nie nastąpiła poprawa. Celem badań M. Ahmadlou

i wsp. (2012) było rozwiązanie problemu prognozowania i wykrycie, czy istnieje powód neurofizjologiczny, który wpływa na skuteczność treningu neurofeedback. Autorzy postawili hipotezę, że trening neurofeedback wpływa na globalną strukturę sieci aktywności kory mózgowej, która jest odpowiedzialna za umiejętność synchronizacji sieci i jej zdolność w przekazywaniu informacji, przynajmniej w niektórych zakresach częstotliwości. W związku z tym reakcje pacjentów z ADHD na trening neurofeedback korelują z poprawą globalnej struktury działalności ich sieci kory nowej. Badaniu EEG poddano dwie grupy pacjentów z ADHD, tj. z pozytywną reakcją i negatywną odpowiedzią na dwa jednoczesne klasyczne treningi neurofeedback (nagradzanie aktywności SMR i hamowanie aktywności theta i beta2). Wyniki analizy wykazały, że umiejętność synchronizacji sieci aktywności kory nowej (odpowiedzialnej za procesy poznawcze) w rytmie beta u pacjentów z ADHD z grupy pozytywnej odpowiedzi jest widocznie mniejsza niż u pacjentów z ADHD z grupy o ujemnej reakcji przed rozpoczęciem leczenia. Ponadto różnica pomiędzy elastycznością kory mózgowej w rytmie beta przed i po leczeniu jest wyraźnie większa u pacjentów z ADHD z grupy pozytywnej odpowiedzi w porównaniu do tych z grupy z reakcji negatywnej, co może być neurofizjologicznym powodem braku pozytywnych efektów ostatniej grupy na leczenie neurofeedback [1].

Przegląd piśmiennictwa z zakresu terapii EEG-Biofeedback ukazał skuteczność tej metody w zakresie poprawy funkcji poznawczych, jak i redukcji objawów ADHD (z wyłączeniem badań z zastosowaniem grupy placebo). Zaprezentowane badania naukowe zawierały szczegółowe procedury, wpływające na efektywność tej terapii. Należy podkreślić, iż były to badania stricte kliniczne, a w ramach terapii neurofeedback dzieci z ADHD nie wszystkie procedury są łatwo dostępne, jak chociażby badanie EEG czy QEEG. Przykładowo, w roku 2006 Ośrodki Szkolno-Wychowawcze na terenie całej Polski otrzymały 230 systemów do diagnozy i terapii EEG-Biofeedback, ponadto systemy do treningu EEG-Biofeedback posiadają wybrane szkoły podstawowe oraz poradnie psychologiczno-pedagogiczne w naszym kraju. W związku z tym, uprawnienia do prowadzenia treningu nabyli w przeważającej mierze psychologowie, pedagodzy i terapeuci. W obecnej rzeczywistości, opracowanie indywidualnego protokołu treningowego na podstawie badania EEG lub QEEG wymagałoby współpracy lekarza i terapeuty neurofeedback. Na terenie poradni psychologiczno-pedagogicznej, jak i w szkole oraz w przeważającej liczbie prywatnych gabinetów, oferujących trening EEG-Biofeedback jest to utrudnione, wręcz niemożliwe.

Trzeba również zaznaczyć, iż nie każdy neurolog, opisujący badanie EEG ma wiedzę, dotyczącą konstruowania protokołów treningowych neurofeedback. Dlatego też, zasadne wydaje się opracowanie takiej procedury, bazującej na naukowych badaniach, którą można wdrożyć bez problemu do szkół i poradni psychologiczno-pedagogicznych.

2.CEL I PRZEDMIOT BADAŃ

Celem rozprawy jest ocena skuteczności treningu EEG-Biofeedback, jako metody, wpływającej na poprawę wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD.

Problemy badawcze:

1. Czy trening EEG-Biofeedback wpływa na poprawę wybranych wskaźników uwagi u dzieci z ADHD?
2. Czy trening EEG-Biofeedback poprawia wskaźniki pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD?
3. Czy stopień wyjściowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD mierzony jej najważniejszymi wskaźnikami istotnie wpływa na wielkość ich zmiany?
4. Czy stopień wyjściowej, sprawności pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD mierzony najważniejszymi wskaźnikami istotnie wpływa na wielkość ich zmiany?
5. Czy stosowanie leków wpływa na stopień poprawy koncentracji uwagi u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback?
6. Czy płeć, ręczność, typ ADHD oraz występowanie dodatkowych zaburzeń wpływa na stopień poprawy wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback?
7. Czy uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback poprawia uwagę i pamięć krótkoterminową u dzieci z ADHD w porównaniu do wyników dzieci nie uczestniczących w terapii?
8. Czy 15 treningów EEG-Biofeedback jest wystarczające dla osiągnięcia pozytywnych wyników (zmian) u dzieci z ADHD?

2.1. Hipotezy Badawcze

Hipoteza główna: Trening EEG-Biofeedback wpływa na poprawę wybranych wskaźników uwagi oraz poprawia pamięć krótkotrwałą u dzieci z ADHD.

Hipotezy szczegółowe:

1. Wskaźniki uwagi u dzieci z ADHD poprawiają się w związku z odbyciem treningu EEG-Biofeedback.

2. Wskaźniki pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD poprawiają się w związku z odbyciem treningu EEG-Biofeedback.
3. Stopień wyjściowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD mierzony najważniejszymi wskaźnikami nie wpływa istotnie na wielkość ich zmiany (efektywność terapii) na wskutek uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback
4. Stopień wyjściowej sprawności pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD mierzony najważniejszymi wskaźnikami istotnie wpływa na wielkość ich zmiany (efektywność terapii) na wskutek uczestnictwa w EEG-Biofeedback.
5. Uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback statystycznie istotnie poprawia zdolność koncentracji uwagi w grupie dzieci, gdzie nie stosowane były leki.
6. Płeć, ręczność, występowanie dodatkowych zaburzeń oraz typ ADHD statystycznie istotnie nie wpływają na stopień poprawy wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback.
7. Uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback poprawia wybrane wskaźniki uwagi i pamięć krótkotrwałą u dzieci z ADHD w porównaniu do wyników dzieci nie uczestniczących w terapii.
8. 15 treningów EEG-Biofeedback jest wystarczające dla osiągnięcia pozytywnych zmian u dzieci z ADHD.

3.METODOLOGIA BADAŃ WŁASNYCH

3.1.Metoda badań

Skuteczność terapii EEG-Biofeedback była testowana z wykorzystaniem procedury **eksperymentu**, polegającej na pomiarze zmian wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej, po odbyciu przez dzieci (wiek 11;6-12;9) ze zdiagnozowanym syndromem ADHD, 15 treningów EEG-Biofeedback, dwa razy w tygodniu o stałej porze. Każde dziecko odbyło 17 indywidualnych spotkań (15 treningów + 2 spotkania diagnostyczne), trwających 60 minut. Wszystkie dzieci zostały poddane testom psychologicznym dwukrotnie. Dodatkowo zastosowano kwestionariusz diagnostyczny dla rodziców zawierający kryteria diagnostyczne dla ADHD według DSM-IV.

Grupa badana i kontrolna została wyodrębniona z części północnej Polski, obejmującej miasto i gminę Elbląg oraz Gdańsk i Sopot. Do poradni psychologiczno-pedagogicznych (za pośrednictwem dyrektorów placówek) na terenie tych miast została wysłana informacja o naborze do terapii EEG-Biofeedback, zawierająca określone warunki (o których mowa poniżej). Rodzice, którzy byli zainteresowani uczestnictwem ich dzieci w terapii, proszeni byli o kontakt z osobą przeprowadzającą badanie. W kolejnym etapie, spośród zgłaszających wylosowano dzieci do grupy badanej i kontrolnej. Do treningów EEG-Biofeedback został wykorzystany specjalistyczny przenośny system do neurofeedback, posiadający Certyfikat Medyczny (Nexus 4).

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Niezależnej Komisji Bioetycznej do Spraw Badań Naukowych przy Uniwersytecie Medycznym w dniu 6 czerwca 2013 roku (NKBBN/244/2013)

3.2.Charakterystyka badanej populacji dzieci

W terapii EEG-Biofeedback wzięło udział 30 dzieci w wieku 11,6-12,9; w tym 26 chłopców i 4 dziewczynki. Grupa kontrolna liczyła 15 osób, w tym 13 chłopców i 2 dziewczynki; warunki i procedura doboru taka sama, jak w przypadku grupy badanej. Wszystkie osoby posiadały orzeczenie lekarskie o występowaniu ADHD lub orzeczenie

o potrzebie kształcenia specjalnego z uwagi na ADHD lub opinię niepublicznej poradni psychologiczno-pedagogicznej (PPP) z rozpoznaniem ADHD Reasumując, każda osoba uczestniczyła łącznie w 17 indywidualnych, jednogodzinnych spotkaniach (15 sesji terapeutycznych, 2 spotkania diagnostyczne, przed i po terapii).

Tabela 3. Kryteria włączenia do terapii EEG-Biofeedback

Kryteria włączenia do terapii EEG-Biofeedback	Kryteria wykluczające
Wiek <ul style="list-style-type: none"> • 11-12;12 lat 	<ul style="list-style-type: none"> • Uczestnictwo w innych terapiach psychologicznych poprawiających funkcje poznawcze (koncentrację uwagi i pamięć) • Choroby neurologiczne • IQ niższe niż przeciętne
Płeć <ul style="list-style-type: none"> • Chłopcy, dziewczynki 	
Ręczność <ul style="list-style-type: none"> • Bez wpływu 	
Diagnoza ADHD <ul style="list-style-type: none"> • Orzeczenie lekarskie lub • Orzeczenie o potrzebie kształcenia specjalnego z uwagi na ADHD lub • Opinia niepublicznej poradni psychologiczno-pedagogicznej z rozpoznaniem ADHD 	
Iloraz inteligencji <ul style="list-style-type: none"> • Minimum przeciętny 	
Specyficzne trudności w nauce <ul style="list-style-type: none"> • Bez wpływu 	
Zaburzenia zachowania ODD <ul style="list-style-type: none"> • Bez wpływu 	
Farmakoterapia <ul style="list-style-type: none"> • Bez wpływu 	
Zgoda na uczestnictwo w 15 treningach EEG-Biofeedback	

3.3. Narzędzia badawcze

W niniejszych badaniach wykorzystano trzy narzędzia badawcze, w postaci dwóch testów psychologicznych tj. testu d2 R. Brickenkampa i testu 15 słów Rey'a oraz kwestionariusza ustrukturyzowanego wywiadu diagnostycznego w kierunku zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi według DSM-IV TR.

Kwestionariusz ustrukturyzowanego wywiadu diagnostycznego w kierunku zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi został wykorzystany przed przystąpieniem do treningów, celem selekcji uczestników, pod kątem rodzaju ADHD (*Załącznik 2*). Kwestionariusz został wypełniony przez prowadzącego badanie na podstawie wywiadu z rodzicami. Przyjęto, że wskaźnikami są liczba kryteriów diagnostycznych dla ADHD w skali nieuwagi, liczba kryteriów diagnostycznych dla ADHD w skali impulsywności/nadaktywności. Kwestionariusz składa się z 18 stwierdzeń opisujących zachowania dzieci [41]:

- skala nieuwagi (9 zdań).
 - dziecko nie jest w stanie utrzymać ciągłej i bliższej uwagi na szczegółach lub popełnia błędy nieuwagi w szkole, pracy lub innej działalności
 - dziecku często nie udaje się utrzymać trwałej uwagi na zadaniach lub grach/zabawach
 - często wydaje się, że dziecko nie słyszy tego, co się do niego/niej mówi
 - dziecko często nie jest w stanie wykonać następujących po sobie instrukcji lub skończyć pracy szkolnej, zadanej pracy lub obowiązków w miejscu pracy
 - dziecko często ma trudności ze zorganizowaniem sobie pracy lub innych zajęć
 - dziecko nie lubi, ociąga się lub unika zajęć wymagających dłuższego wysiłku umysłowego – jak nauka szkolna lub odrabianie zajęć domowych
 - dziecko często gubi rzeczy niezbędne do pracy lub innych zajęć
 - dziecko łatwo się rozprasza pod wpływem zewnętrznych bodźców,
 - dziecko często jest zapominalskie w trakcie codziennych zajęć

- skala nadaktywności (5 zdań)
 - dziecko ma często nerwowe ruchy rąk lub stóp bądź nie jest w stanie usiedzieć w miejscu, często macha rękami lub nogami albo wierci się na krześle
 - dziecko wstaje z miejsca w czasie lekcji lub w innych sytuacjach wymagających spokojnego siedzenia
 - dziecko często biega wkoło lub wchodzi na meble w sytuacjach, w których jest to nieaprobowane
 - dziecko często jest nadmiernie hałaśliwe w zabawie i ma trudności ze spokojnym bawieniem się
 - dziecko często jest w ruchu, „biega jak nakręcone”. Zachowanie dziecka cechuje nadmierna aktywność ruchowa, na którą nie wpływa ani sytuacja ani potrzeba
- skala impulsywności (4 zdania)
 - dziecko często wrywa się z odpowiedzią, zanim zostanie zadane pytanie do końca
 - dziecku często nie udaje się stać w szeregu lub poczekać na swoją kolej w grze lub sytuacji grupowej
 - dziecko często przerywa lub przeszkadza innym
 - dziecko często jest nadmiernie gadatliwe

Do oceny uwagi został wykorzystany test badania uwagi d2 Rolfa Brickenkampa, w adaptacji polskiej przygotowanej przez Elżbietę Dajek. Test d2 jest stosowany przez psychologów zajmujących się psychologią eksperymentalną, rozwojową i kliniczną oraz psychologią sportu i pracy. W licznych pracach badawczych prowadzonych wśród młodzieży i dorosłych zweryfikowano trafność i rzetelność tej metody. Wykonanie testu zajmuje łącznie około 10 minut i polega na skreślaniu przez badanego liter „d” z dwoma kreskami: na górze, na dole lub jedną na górze i jedną na dole: ”d, „d, ,d’ . Litery te są umieszczone w 14 ciągach wśród liter „p” i „d” o zmieniającej się liczbie kresek (od 1 do 2) nad literą i poniżej. Badany wykonuje zadanie na czas. Na skreślenie wskazanych liter ma 20 sekund dla każdego ciągu. Po 20 sekundach czas zaczyna płynąć na rzecz kolejnego ciągu liter. Po zakończeniu zadania zlicza się liczbę

prawidłowo skreślonych liter oraz popełnionych błędów (pominięte oraz nieprawidłowo skreślone litery). Następnie oblicza się następujące wskaźniki:

- WZ – ogólna liczba opracowanych liter, ocenia szybkość pracy badanego
- B – suma wszystkich błędów
- B% – procent popełnionych błędów (odsetek liczby popełnionych błędów w ogólnej liczbie opracowanych liter), jest wskaźnikiem dokładności pracy
- GP – granice przedziału wyników, informuje o tempie pracy podczas badania
- WZ-B – wskaźnik ogólnej zdolności spostrzegania, stanowiący różnicę między liczbą wszystkich zanalizowanych liter (WZ) a liczbą wszystkich błędów (B)
- ZK – zdolność koncentracji, wskaźnik ten otrzymuje się, sumując liczbę prawidłowo skreślonych liter pomniejszonych o liczbę popełnionych błędów.

Miary WZ, WZ-B i ZK mają w populacji rozkład normalny [12].

Pomiar wybranych właściwości uwagi za pomocą testu d2 nastąpił w grupie eksperymentalnej przed i po 15 treningu. W grupie kontrolnej zastosowano pomiar początkowy oraz pomiar po 6 tygodniach (w tym czasie dzieci nie uczestniczyły w żadnej terapii poprawiającej koncentrację uwagi ani innej terapii skierowanej do dzieci z ADHD)

Test 15 słów Rey'a, znany też jako RAVLT (Rey Auditory Verbal Learning Test). Jest jednym z częściej stosowanych testów służących do badania pamięci. Jest walidowany w populacjach od 7 do 89 roku życia. Test 15 słów Rey'a służy do badania szybkości zapamiętywania oraz zdolności przypominania, mierzonych poprzez odtwarzanie i rozpoznawanie materiału słownego. Pozwala na sprawdzenie aktualnej zdolności dziecka do bezpośredniego zapamiętywania i ogólnej sprawności pamięciowej. Test 15 słów bada przede wszystkim pamięć krótkotrwałą i składa się z 7 prób. W pierwszych 5 próbach badający czyta głośno serię nie związanych treściowo słów, kontrolując za każdym razem, ile słów badany zdołał zapamiętać. W próbie VI badany ma rozpoznać ta samą serię 15 słów w opowiadaniu czytany przez osobę prowadzącą badanie, natomiast w próbie VII powinien rozpoznać zapamiętane słowa w tym samym opowiadaniu, z tą jednak różnicą, że tekst czyta sam [14]. Według autora testu powtórzenia są wskaźnikiem zdolności kontrolowania przez osobę badaną procesu przypominania. Występowanie powtórzeń świadczy o tym, iż dziecko ma problemy z koncentracją uwagi. Występowanie zmyśleń w próbach I-III wskazuje na zaburzenia procesów uwagi, pamięci i kojarzenia. Oczywiście zależne jest to od rodzaju słów, to

znaczy czy są to słowa powiązane z testem czy nie. W tym celu jednak należałoby przeprowadzić analizę jakościową. W niniejszych badaniach zastosowano analizę ilościową następujących wskaźników:

- liczby zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach
- liczby powtórzonych słów w 5 próbach
- liczby zmyślonych słów w 5 próbach.

Pomiar za pomocą testu Rey'a w grupie eksperymentalnej przed i po 15 treningu oraz w grupie kontrolnej (przed o po ok. 6 tyg.).

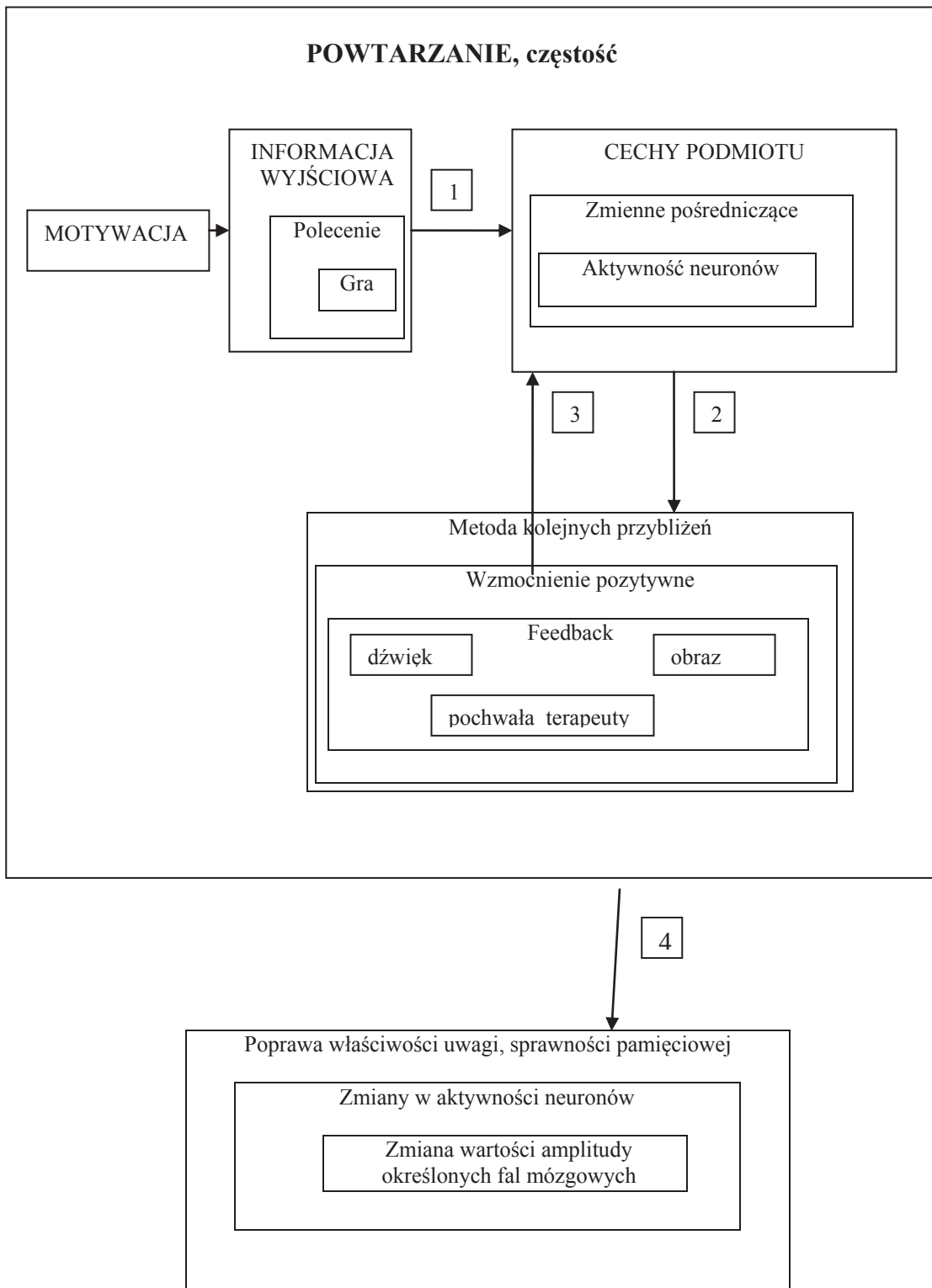
Oryginalną wersję testu 15 słów Rey'a uzyskano z Instytutu Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego i zawierała ona tylko wersję A testu wraz z określoną procedurą badania. Istnieje również zmodyfikowany test 15 słów Rey'a, który bada procesy odtwarzania bezpośredniego i odroczonego. Badanemu czyta się listę 15 słów (lista A) w pięciu próbach. Kolejnym etapem jest prezentacja nowej listy 15 słów (lista B) do zapamiętania i odtworzenia. Po 20 min następuje ponowne odtwarzanie słów z listy A (odtwarzanie odroczone). Dodatkową próbą jest rozpoznawanie wcześniej przyswojonych słów wśród 40 różnych słów.

3.4. Przebieg treningu EEG-Biofeedback

Proponowany **autorski model treningu EEG-Biofeedback, zastosowany w niniejszej pracy** jako metody kontrolowanego uczenia się obrazuje Rysunek 2. Istotną rolę w treningu EEG-Biofeedback odgrywa motywacja trenującego, zarówno wewnętrzna, jak i zewnętrzna. Celem pobudzenia motywacji zewnętrznej przed przystąpieniem do treningów ustalane są ewentualne nagrody, jakie dziecko otrzyma za optymalne zaangażowanie w trening. Przed przystąpieniem do treningu osoba trenująca otrzymuje informację wyjściową (1), iż ma za zadanie grać w grę, tak by jadący na ekranie samochód cały czas jechał – płynna jazda samochodem i towarzyszący temu dźwięk to informacja, że osoba dobrze wykonuje zadanie (oprogramowanie do EEG-Biofeedback zawiera zestaw 40 zróżnicowanych gier, powyżej została opisana przykładowa gra). Następnie osoba przystępuje do gry, w związku z tym, że nie od razu wie jak wykonywać zadanie (i tutaj znaczenie zmiennych wewnętrznych), metodą kolejnych przybliżeń (2) uczy się, iż dana reakcja (skupienie, relaks, wizualizacja) jest

tą pożądaną, co z kolei sygnalizuje obraz i dźwięk oraz pochwała terapeuty, które są informacją zwrotną i jednocześnie pozytywnym wzmocnieniem (3). Powtarzanie pożądanego reakcji (4), w tym przypadku określonej wartości amplitudy określonych fal, prowadzi do zmian w aktywności neuronów, poprawy właściwości uwagi i pamięci.

Rysunek 2. Model uczenia się EEG-Biofeedback



Do treningów EEG-Biofeedback został wykorzystany specjalistyczny przenośny system do neurofeedback Nexus 4 (oprogramowanie BioTrace+), posiadający Certyfikat Medyczny. Zapis i analiza sygnału prowadzona była z wykorzystaniem jednokanałowego systemu (256 próbek na sek., wzmacniacz Mind Media BV Holandia). W trakcie treningu EEG-Biofeedback osobie trenującej umocowano za pomocą pasty przewodząco-klejącej elektrodę na głowie oraz po jednej elektrodzie na każdym uchu (referencyjne ułożenie elektrod). Elektrody te były podłączone do głowicy EEG-Biofeedback, która za pomocą bezprzewodowej komunikacji bluetooth, przesyłała informacje do komputera terapeuty. W trakcie treningu EEG-Biofeedback osoba trenująca siedziała wygodnie w fotelu i grała w wideogrę wyłącznie za pomocą swojego mózgu (bez użycia klawiatury czy joysticka). Przebieg gry jest zobrazowanym przebiegiem fal mózgowych trenowanego, zatem informacje uzyskane z obrazu dają trenującemu możliwość poznania reakcji własnego mózgu.

Rysunek 3. Przebieg treningu EEG-Biofeedback, rysunek ze zbiorów własnych



Rysunek 4. Przykładowe gry (animacje) podczas treningu, rysunek ze zbiorów własnych



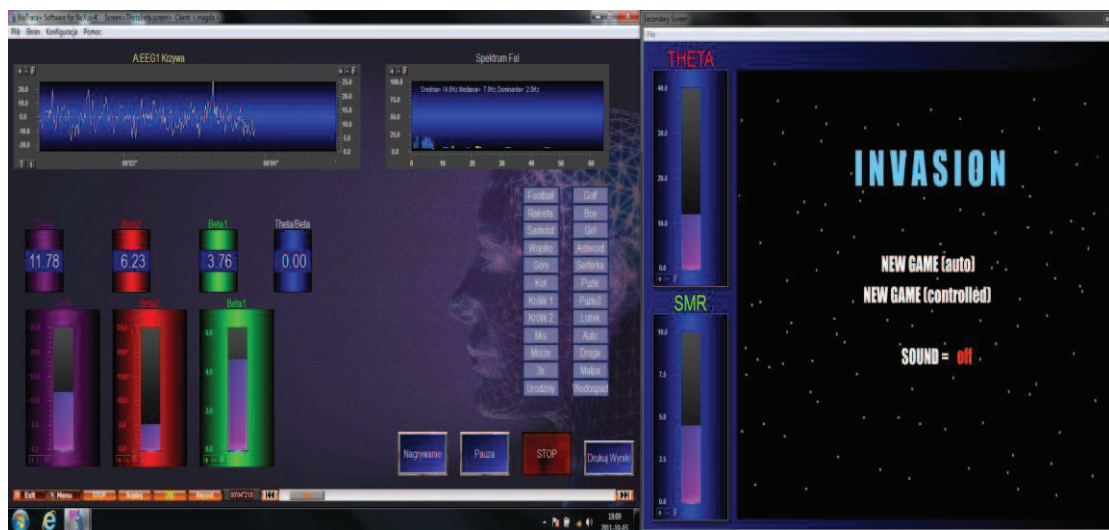
W trakcie gry komputer sygnalizował dźwiękiem bądź obrazem (wzmocnienie pozytywne), gdy zostały osiągnięte określone wartości amplitudy poszczególnych fal mózgowych. Próg wzmocnienia (nagroda w postaci ruchu lub dźwięku) ustawiany był manualnie podczas każdej sesji, indywidualnie dla każdej osoby. W ten sposób mózg uczył się optymalnej pracy. W tym samym czasie na ekranie terapeuty wyświetlane były amplitudy poszczególnych fal mózgowych (theta, beta, SMR, beta2) .

Celem sprawdzenia oddziaływania terapii EEG-Biofeedback na poprawę wybranych właściwości uwagi i ogólnej sprawności pamięciowej u dzieci z ADHD, opracowano jednolity protokół treningowy dla wszystkich uczestników. Protokół ten skonstruowano w oparciu o dane, dotyczące aktywności mózgu podczas określonych funkcji poznawczych [43][57][100], takich jak koncentracja uwagi i pamięć krótkotrwała oraz wyników badań z zakresu neuroterapii [7][21][60][64][65][75][100]. Trening trwał 30 min, z czego po 10 min w każdym z trzech miejsc tj. C3, Cz, C4 przez 10 treningów, następnie 5 treningów było prowadzone również w w/w pozycjach oraz w miejscu F3; czas trwania był następujący: F3- 5min, C3-10min, Cz-5min, C4-10 min. W miejscach F3 i C3 zastosowano protokół theta/beta (zmniejszono amplitudę fal theta i zwiększono amplitudę fal beta), natomiast w miejscach Cz i C4 zastosowano protokół theta/SMR (zmniejszono amplitudę fal theta i zwiększono amplitudę fal SMR).

Rysunek 5. Ekran terapeuty w trakcie treningu, rysunek ze zbiorów własnych



Rysunek 6. Ekran terapeuty (po lewej) i uczestnika treningu (po prawej) w tym samym czasie, rysunek ze zbiorów własnych



Do treningów EEG-Biofeedback został wykorzystany wysoko specjalistyczny przenośny system do neurofeedback, posiadający Certyfikat Medyczny (Nexus 4).

Rysunek 7. Przenośny system do neurofeedback (Nexus 4), rysunek z zbiorów własnych



Dodatkowo podczas treningów zastosowano tabelkę, gdzie wpisywano punkty za optymalne zaangażowanie w grę, z tymże wpisywano tylko „10 pkt” za najlepszy wynik (skupienie). Określona liczba „10-tek” skutkowała otrzymaniem nagrody od rodzica. Narzędzie to zastosowano, celem zwiększenia motywacji do treningu (Załącznik 3).

4. WYNIKI BADAŃ

Zastosowane narzędzia analizy statystycznej

Do oceny istotności różnic pomiędzy badanymi zmiennymi w grupach powiązanych zastosowano test t dla prób zależnych lub w razie konieczności nieparametryczny test kolejności par Wilcoxon. Statystyczną istotność różnic w grupach niepowiązanych zweryfikowano testem t dla prób niezależnych lub nieparametrycznym testem U Manna-Whitneya. Założenie normalności sprawdzone zostało testem W Shapiro-Wilka zaś jednorodności wariancji testem Levene'a. Test dla dwóch frakcji przeprowadzono z wykorzystaniem statystyki chi kwadrat z poprawką Yatesa. Siłę i kierunek wzajemnej współzależności zmiennych określono na podstawie współczynników korelacji liniowej Pearsona oraz rang Spearmana. Odpowiednie porównania zostały wzbogacone o wykresy ramka-wąsy. Poziom istotności przyjęto $\alpha = 0,05$.

Wartości liczbowe statystyk opisowych zostały zaokrąglone do dwóch miejsc po przecinku zaś wszystkie pozostałe wartości do trzech miejsc po przecinku. Wartości testów uznane za statystycznie istotne zaznaczone zostały kolorem czerwonym. Wszelkie obliczenia statystyczne dokonano stosując pakiet Statistica 10.

Poniższa Tabela 4 przedstawia zastosowane w analizie oznaczenia zmiennych i grup.

Tabela 4. Objasnienie skrótów zastosowanych w pracy.

<i>Nazwa</i>	<i>Opis</i>
Grupa eksperymentalna	Grupa 30 osób uczestniczących w treningu EEG-Biofeedback
Grupa kontrolna	Grupa 15 osób nieuczestniczących w treningu EEG-Biofeedback
-przed	Przyrostek określający dokonania pomiaru przed terapią
-po	Przyrostek określający czas dokonania pomiaru po terapii
WZ	Ogólna liczba opracowanych liter
B	Liczba popełnionych błędów
B%	Procent popełnionych błędów
GP	Różnica pomiędzy maksymalną i minimalną ilością opracowanych liter
WZ-B	Ogólna zdolność spostrzegania
ZK	Zdolność koncentracji
Błd-1	Liczba błędów w pierwszym przedziale czasowym
Błd-2	Liczba błędów w drugim przedziale czasowym
Błd-3	Liczba błędów w trzecim przedziale czasowym
SC	Suma słów właściwie odtworzonych w pięciu próbach
SR	Suma słów powtórzonych w pięciu próbach
SF	Suma słów zmyślonych w pięciu próbach
dWZ	Różnica pomiędzy WZ-po oraz WZ-przed
dB	Różnica pomiędzy B-po oraz B-przed
dB%	Różnica pomiędzy B%-po oraz B%-przed
dGP	Różnica pomiędzy GP-po oraz GP-przed
dWZ-B	Różnica pomiędzy WZ-B-po oraz WZ-B-przed
dZK	Różnica pomiędzy ZK-po oraz ZK-przed
dBłd1	Różnica pomiędzy Błd1-po oraz Błd1-przed
dBłd2	Różnica pomiędzy Błd2-po oraz Błd2-przed
dBłd3	Różnica pomiędzy Błd3-po oraz Błd3-przed
dSC	Różnica pomiędzy SC-po oraz SC-przed
dSR	Różnica pomiędzy SR-po oraz SR-przed
dSF	Różnica pomiędzy SF-po oraz SF-przed

Grupa badana a grupa kontrolna

Kluczowym dla oceny skuteczności terapii EEG-Biofeedback było porównanie wyników prezentowanych wskaźników grupy badanej z wynikami grupy kontrolnej. Porównanie ma sens, gdy obie grupy pochodzą z tej samej populacji. Przy ustalonym poziomie istotności testy statystyczne wykazały, że grupa badana oraz kontrolna są jednorodne pod względem płci, faktu stosowania leków, występowania zaburzeń (dysleksja, ODD), ręczności, typu ADHD oraz wszystkich wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w momencie przed przystąpieniem grupy badanej do terapii.

Tabela 5. Wyniki testu dla dwóch frakcji pomiędzy grupami dla wybranych charakterystyk.

	Grupa badana		Grupa kontrolna		χ^2	<i>p</i>
	Chłopcy	Dziewczynki	Chłopcy	Dziewczynki		
Płeć	26 (87%)	4 (13%)	13 (87%)	2 (13%)	0,22	0,642
Leki	Tak 10 (33%)	Nie 20 (67%)	Tak 4 (27%)	Nie 11 (73%)	0,01	0,909
Ręczność	Prawa 21 (70%)	Lewa 9 (30%)	Prawa 11 (73%)	Lewa 4 (27%)	0,01	0,907
ADHD	Typ - 0 20 (67%)	Typ - 1 10 (33%)	Typ - 0 10 (67%)	Typ - 1 5 (33%)	0,11	0,737
Zaburzenia	Tak 9 (30%)	Nie 21 (70%)	Tak 4 (27%)	Nie 11 (73%)	0,01	0,907

Grupa badana liczyła 30 osób (w tym 4 dziewczynki) zaś grupa kontrolna 15 osób (w tym 2 dziewczynki). Zatem obie grupy były dokładnie zbalansowane pod względem płci. W grupie poddanej terapii EEG-Biofeedback było 10 (33%) dzieci stosujących leki, 21 (70%) dzieci praworęcznych, 20 (67%) dzieci z ADHD typu mieszanego (typ 0) oraz 9 (30%) dzieci z dodatkowymi zaburzeniami. W grupie dzieci nie biorących udziału w treningu EEG-Biofeedback były 4 osoby stosujące leki (27%), 11 (73%) osób praworęcznych, 10 (67%) osób z ADHD typu mieszanego oraz 4 (27%) osoby z dodatkowymi zaburzeniami. Frakcje te pomiędzy obiema grupami nie różniły się statystycznie istotnie.

Tabela 6. Wyniki testów istotności różnic pomiędzy grupami dla wybranych zmiennych.

Testy istotności różnic					
<i>Zmienna</i>	<i>Parametr</i>	<i>Grupa badana</i>	<i>Grupa kontrolna</i>	<i>t/U</i>	<i>p</i>
WZ-przed	Średnia	338,77	305,40	1,601	0,109
	Odch. Std.	65,72	43,51		
B-przed	Średnia	33,53	24,13	0,578	0,563
	Odch. Std.	27,66	9,56		
B%-przed	Średnia	9,31	7,87	0,157	0,876
	Odch. Std.	5,92	2,81		
GP-przed	Średnia	11,27	10,13	0,927	0,359
	Odch. Std.	5,15	3,02		
WZ-B-przed	Średnia	305,57	280,60	1,686	0,092
	Odch. Std.	51,70	40,81		
ZK-przed	Średnia	105,13	103,60	-0,096	0,923
	Odch. Std.	19,13	12,26		
Błd1-przed	Średnia	9,87	7,27	0,835	0,404
	Odch. Std.	7,74	3,39		
Błd2-przed	Średnia	14,27	9,40	1,062	0,288
	Odch. Std.	11,88	4,42		
Błd3-przed	Średnia	9,27	7,87	-0,435	0,663
	Odch. Std.	8,74	3,27		
SC-przed	Średnia	51,97	55,20	-1,609	0,115
	Odch. Std.	6,25	6,56		
SR-przed	Średnia	10,53	11,47	-0,893	0,372
	Odch. Std.	10,40	7,92		
SF-przed	Średnia	1,70	0,93	1,306	0,192
	Odch. Std.	1,78	1,22		

Wszystkie wykorzystane w analizie wskaźniki uwagi (WZ, B, B%, GP, WZ-B, ZK, Błd1, Błd2, Błd3) w grupie badanej przed zastosowaną terapią charakteryzowały się średnimi wartościami oraz zmiennością nieznacznie wyższą niż w grupie kontrolnej. Niemniej jednak przy ustalonym 5% poziomie istotności jest to różnica statystycznie nieistotna. Podobnie wyniki testów istotności różnic dla wartości przeciętnych wskaźników pamięci krótkotrwałej (SC, SR oraz SF) dały podstawy, by uznać obie grupy za jednorodną.

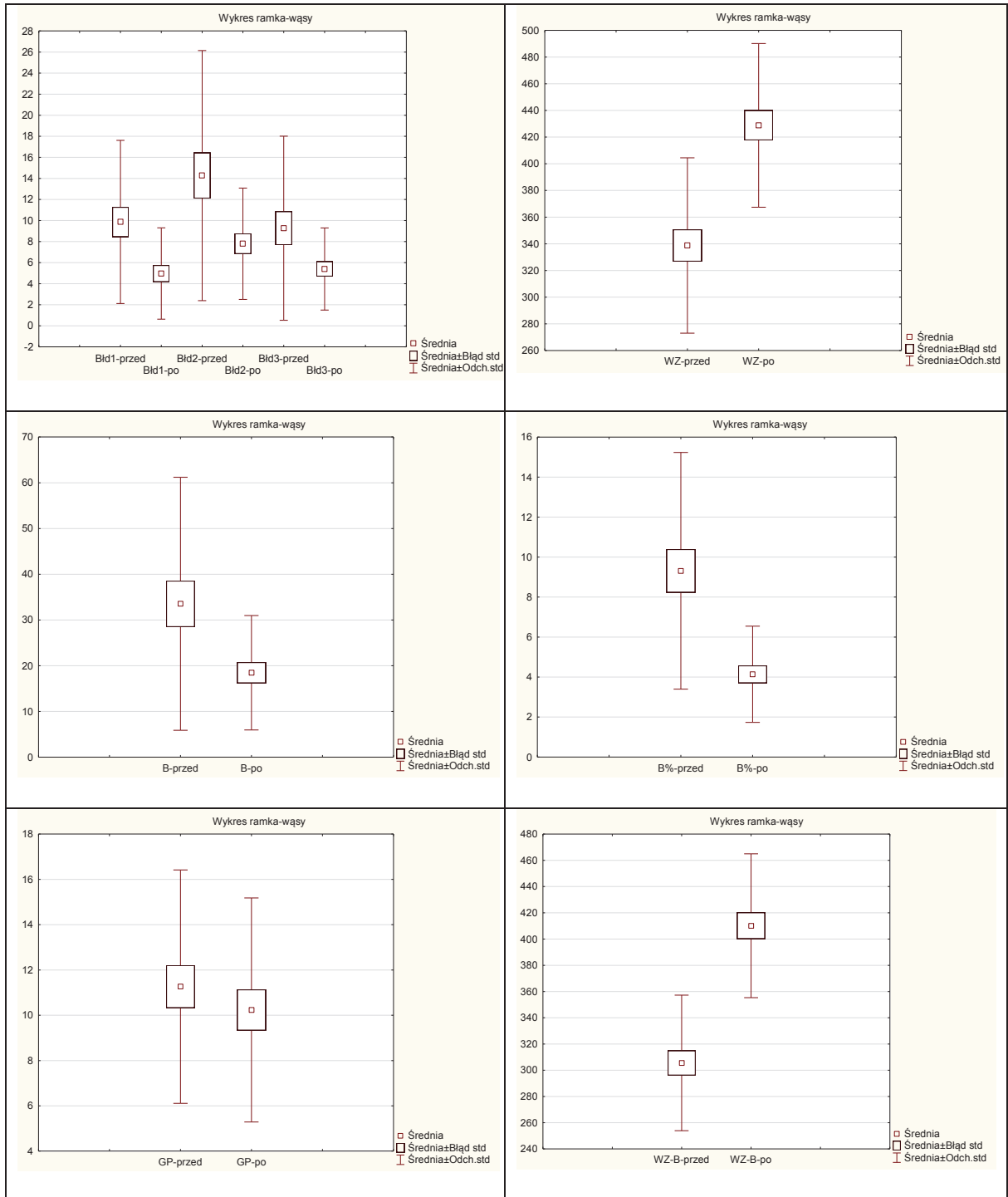
Hipoteza 1: Wskaźniki uwagi u dzieci z ADHD poprawiają się w związku z odbyciem treningu EEG-Biofeedback.

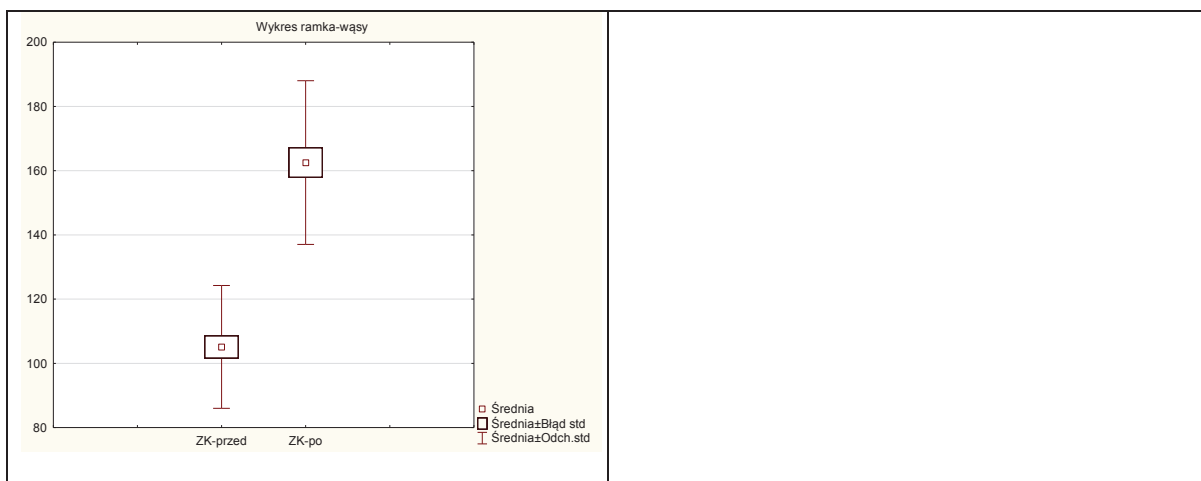
Powyższa hipoteza została zweryfikowana pozytywnie. Wszystkie wskaźniki uwagi testu d2 za wyjątkiem GP (granice przedziału wyników) wykazały statystycznie istotną poprawę u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback. Zwiększeniu uległa szybkość spostrzegania badanych (WZ), stanowiąca kryterium dla szybkości pracy, a także ogólna zdolność spostrzegania, skorygowana o liczbę błędów (WZ-B). W badanej grupie zmniejszyła się ilość popełnionych błędów (B) oraz zwiększyła się zdolność koncentracji (ZK). Wskaźnik ZK ma rozkład normalny i wysoką rzetelność. Granice przedziału wyników (GP) informują o tempie pracy: stałym bądź zmiennym i są różnicą pomiędzy maksymalną i minimalną ilością opracowanych liter w poszczególnych czasach cząstkowych. Granice przedziału wyników nie mają rozkładu normalnego i są mniej istotnym wskaźnikiem w tej metodzie.

Tabela 7. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu d2 przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej.

Test d2 (grupa badana) N=30				
	Średnia	Odch.st.	t/z	P
WZ-przed	338,77	65,72	-8,528	0,000
WZ-po	428,83	61,37		
B-przed	33,53	27,66	3,165	0,002
B-po	18,47	12,50		
B%-przed	9,31	5,92	4,597	0,000
B%-po	4,14	2,41		
GP-przed	11,27	5,15	1,072	0,293
GP-po	10,23	4,95		
WZ-B-przed	305,57	51,70	-13,671	0,000
WZ-B-po	410,20	54,85		
ZK-przed	105,13	19,13	4,782	0,000
ZK-po	162,53	25,50		
Bld1-przed	9,87	7,74	3,557	0,001
Bld1-po	4,97	4,33		
Bld2-przed	14,27	11,88	3,290	0,001
Bld2-po	7,80	5,29		
Bld3-przed	9,27	8,74	2,596	0,009
Bld3-po	5,40	3,90		

Rysunek 8. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu d2 przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej.





W grupie dzieci poddanych terapii EEG-Biofeedback wskaźnik WZ wzrósł z poziomu 338,77 do poziomu 428,83 przy jednoczesnym zmniejszeniu się jego zmienności mierzonej odchyleniem standardowym z poziomu 65,72 do 61,37. Podobnie wskaźniki popełnionych błędów B oraz B% spadły odpowiednio z 33,53 do 27,66 oraz z 9,31 do 5,92. Tak jak w przypadku ogólnej liczby opracowanych liter tak i tu rozproszenie wyników zmniejszyło się dla zmian absolutnych (B) z 18,47 do 12,50 zaś zmian względnych (B%) z 4,14 pkt% do 2,41 pkt%. Parametr WZ-B wykorzystujący oba mierniki WZ oraz B w jeszcze większym stopniu obrazuje zmiany, jakie nastąpiły w wyniku odbycia terapii. Jest to przejście średnich z poziomu 305,57 do 410,20. Jeden z najważniejszych wskaźników uwagi ZK zwiększył się bardzo wyraźnie, bo od liczby 105,13 ($\pm 19,13$) do 162,53 ($\pm 25,50$) poprawnie skreślonych liter. Wszystkie średnie wartości oraz odchylenia standardowe wskaźników błędów mierzonych w trzech przedziałach czasowych (Błd1, Błd2, Błd3) zmniejszyły się kolejno z poziomu 9,87 ($\pm 7,74$) do 4,97 ($\pm 4,33$), z 14,27 ($\pm 11,88$) do 7,80 ($\pm 5,29$), z 9,27 ($\pm 8,74$) do 5,40 ($\pm 3,90$). Jak wspomniano wcześniej, powyższe zmiany były statystycznie istotne, jedyny wyjątek stanowił wskaźnik GP gdzie spadek jego wielkości z 11,27 ($\pm 5,15$) do 10,23 ($\pm 4,95$) nie okazał się znaczący.

Hipoteza 2: Wskaźniki pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD poprawiają się w związku z odbyciem treningu EEG-Biofeedback.

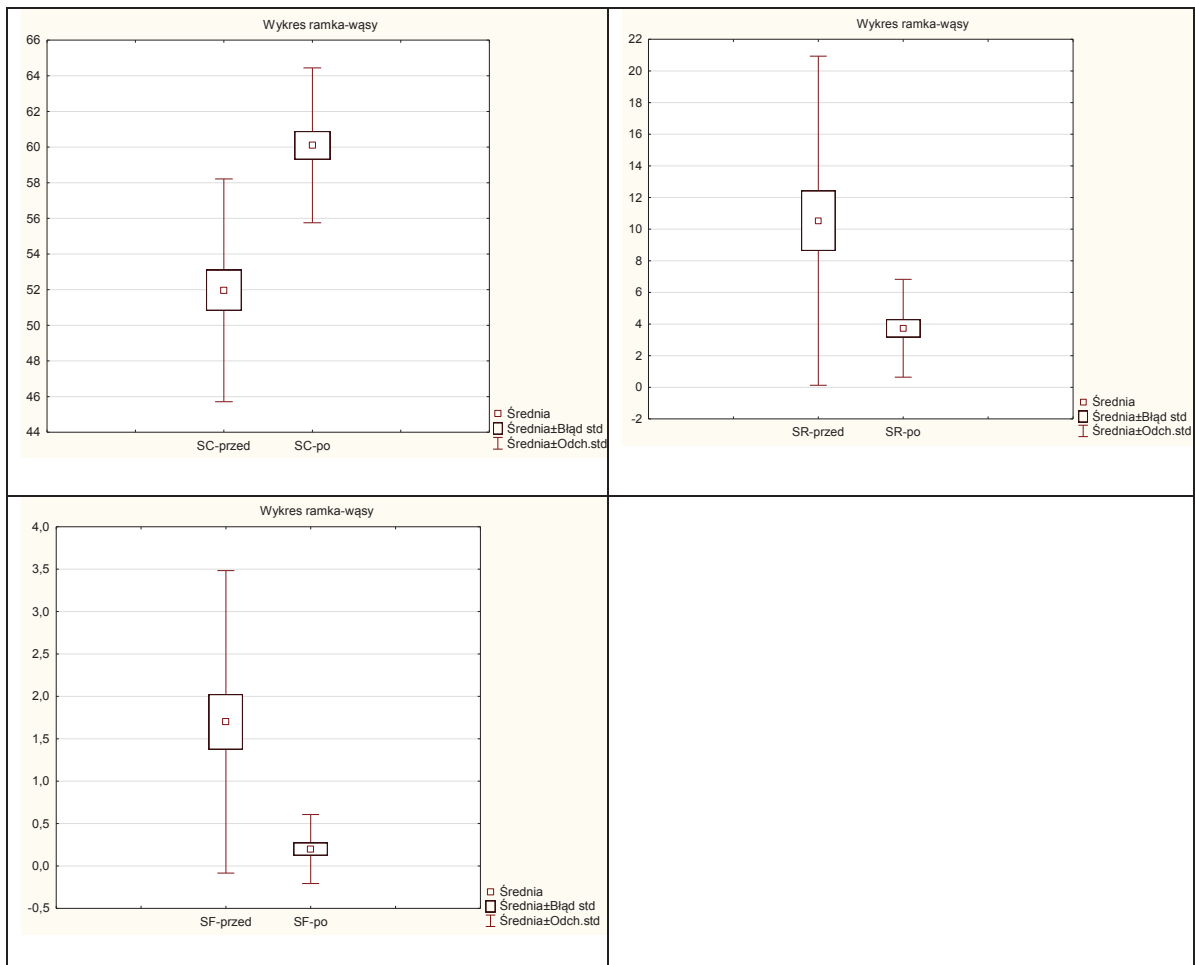
Celem weryfikacji niniejszej hipotezy, posłużono się testem 15 słów Reya (RAVLT). Wszystkie wskaźniki pamięci krótkotrwałej wykazały statystycznie istotną poprawę u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback. Zwiększeniu uległa liczba

zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach (SC) oraz zmniejszyła się liczba powtórzeń (SR) i liczba zmyślonych słów w 5 próbach (SF). Według autora testu RAVLT, powtórzenia są wskaźnikiem kontrolowania przez badanego procesu przypominania, zatem zmniejszenie się liczby powtórzeń, wskazuje na poprawę koncentracji uwagi.

Tabela 8. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu RAVLT przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej.

<i>Test Reya (grupa badana) N=30</i>				
	Średnia	Odch.st.	t/z	P
SC-przed	51,97	6,25	-9,487	0,000
SC-po	60,10	4,34		
SR-przed	10,53	10,40	4,573	0,000
SR-po	3,73	3,10		
SF-przed	1,70	1,78	3,823	0,000
SF-po	0,20	0,41		

Rysunek 9. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu RAVLT przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej



Suma słów właściwie rozpoznanych w grupie dzieci poddanych terapii zwiększyła się 51,97 do 60,10 przy jednoczesnym spadku rozproszenia z 6,25 do 4,34 słów. Suma słów powtórzonych w pięciu próbach spadła z 10,53 do 3,73 przy równie silnym zmniejszeniu się odchylenia standardowego z 10,40 do 3,10 słów. W odniesieniu do ostatniego wskaźnika pamięci krótkotrwałej, czyli sumy słów zmyślonych również odnotowano spadek z poziomu 1,70 ($\pm 1,78$) do 0,20 ($\pm 0,41$). Powyższe pozytywnie weryfikuje hipotezę drugą.

Hipoteza 3: Stopień wyjściowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD mierzony najważniejszymi wskaźnikami nie wpływa istotnie na wielkość ich zmiany (efektywność terapii) na wskutek uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback.

W celu potwierdzenia bądź odrzucenia powyższej hipotezy wykorzystano wskaźniki testu d2. Za priorytetowe dla oceny zaburzeń uwagi u dzieci uznano wskaźniki WZ-B, czyli wskaźnik ogólnej zdolności spostrzegania (szybkość pracy skorygowana o liczbę popełnionych błędów) oraz ZK - zdolność koncentracji. Dokonano oceny współzależności ich poziomu przed przystąpieniem do terapii z wielkością zmian po odbyciu treningu EEG-Biofeedback. Zarówno współczynniki korelacji parametrycznej jak i nieparametrycznej nie różnią się statystycznie od zera, co pozytywnie weryfikuje powyższą hipotezę.

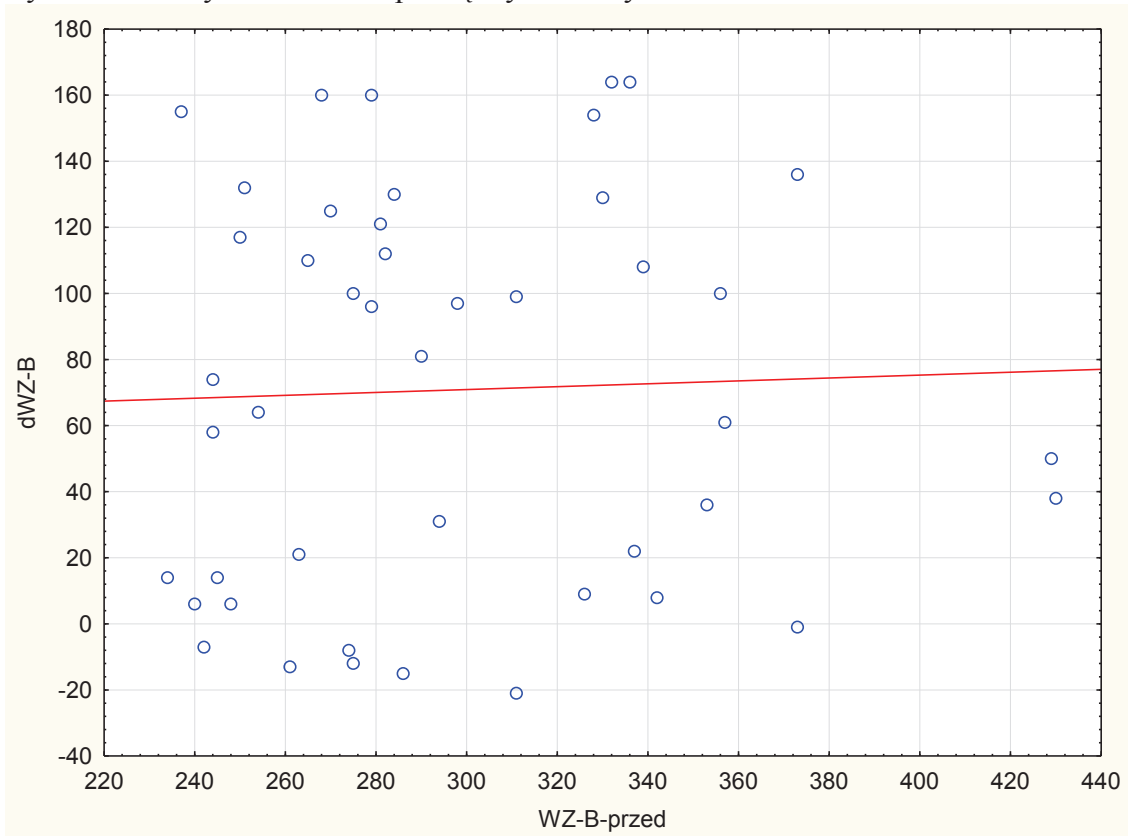
Tabela 9. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (rang Spearmana).

Macierz korelacji (grupa badana) N=30		
	dWZ-B	dZK
WZ-B- przed	-0,328 (-0,225)	0,296 (0,356)
ZK- przed	0,023 (0,143)	-0,122 (-0,141)

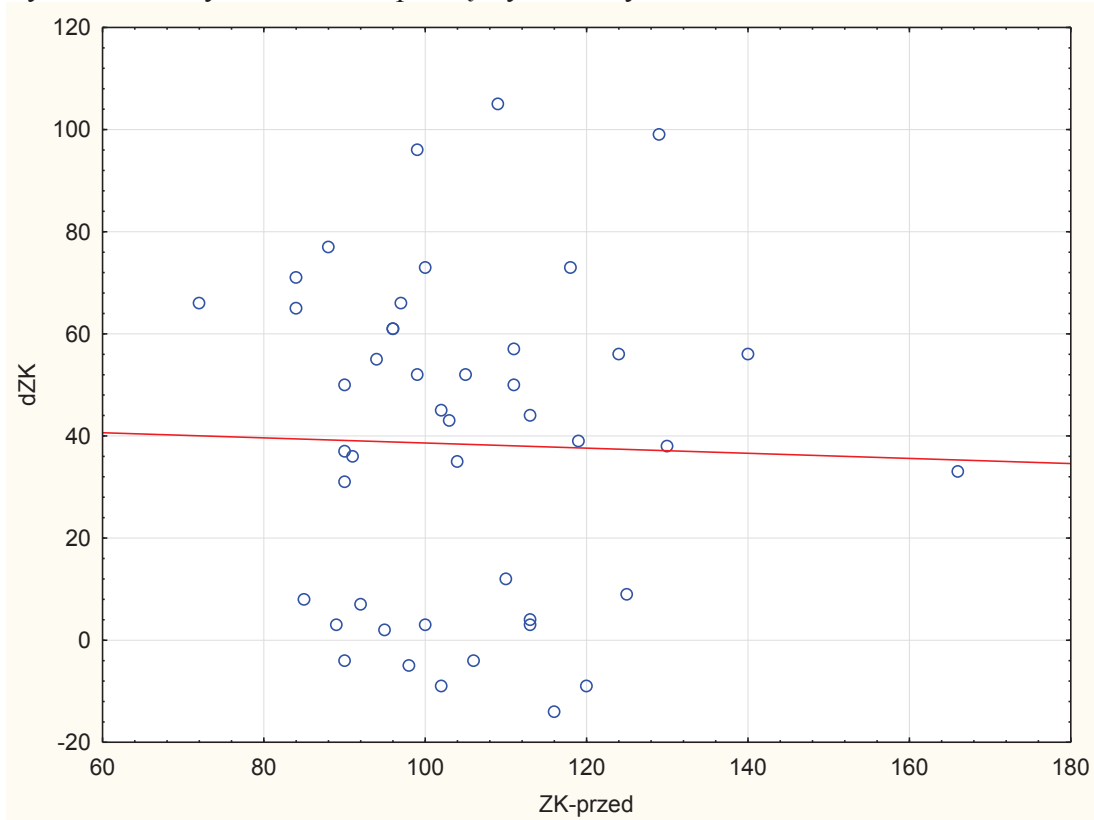
W przypadku, gdy nie występują istotne korelacje pomiędzy zmiennymi na wykresach rozrzutu nie obserwuje się żadnych widocznych układów i zależności, a rozmieszczenie punktów ma znamiona losowości. W przypadku omawianych par zmiennych, ilustrują to poniższe wykresy rozrzutów. Rozproszenie par punktów

zmiennej WZ-B przed terapią z dWZ-B oraz par obserwacji ZK przed terapią z dZK nie daje podstaw do istnienia między nimi jakiegokolwiek zależności.

Rysunek 10. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi WZ-B oraz dWZ-B.



Rysunek 11. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi ZK oraz dZK.



Hipoteza 4: Stopień wyjściowej, sprawności pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD mierzony najważniejszymi wskaźnikami istotnie wpływa na wielkość ich zmiany (efektywność terapii) na skutek uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback.

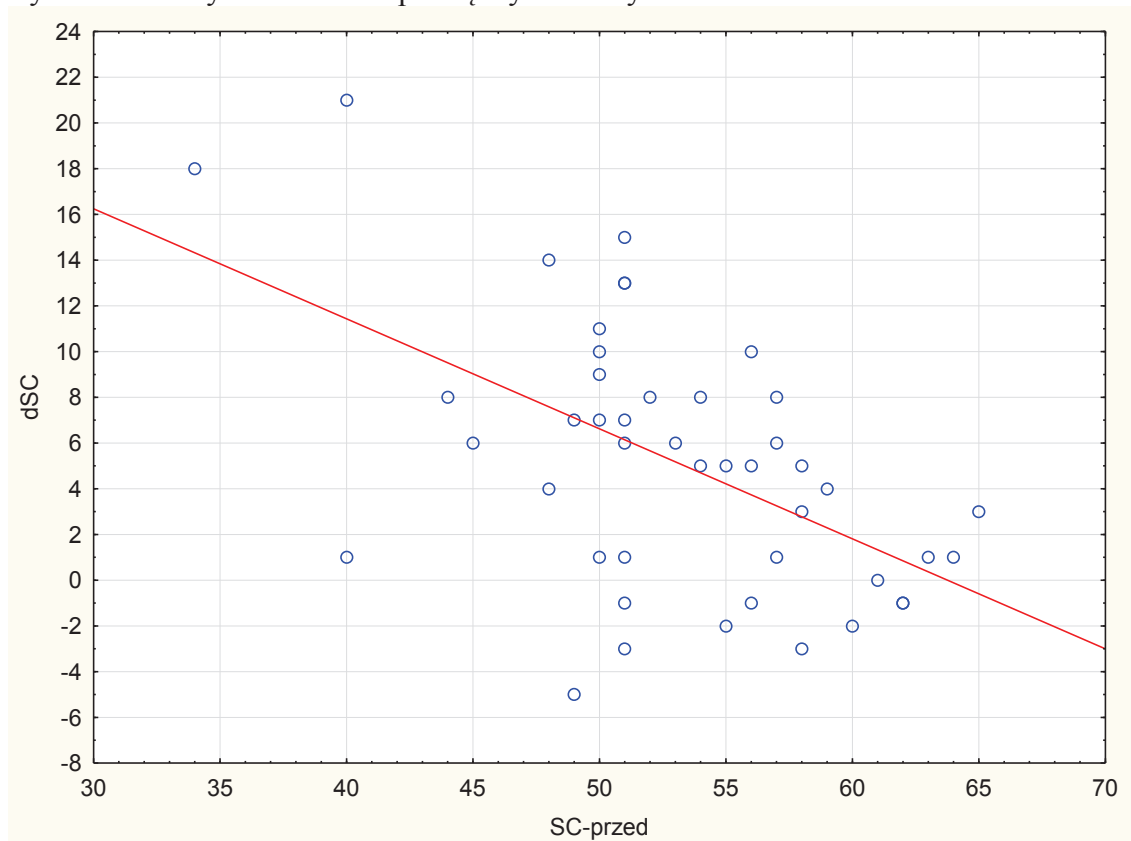
Dla oceny sprawności pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD posłużono się dwoma najważniejszymi wskaźnikami z testu 15 słów Reya, to jest liczbą zapamiętanych i odtworzonych słów w 5 próbach (SC) oraz liczbą powtórzonych słów w 5 próbach (SR). Dokonano oceny współzależności ich poziomu przed przystąpieniem do terapii z wielkością zmian po odbyciu EEG-Biofeedback. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona oraz rang Spearmana wskazują na silną korelację ujemną dla sumy słów poprawnie zapamiętanych oraz bardzo silną korelację ujemną dla sumy słów powtórzonych. Oznacza to, że w dużym stopniu, im lepsze (gorsze) wyjściowe wskaźniki SC oraz SR, tym mniejsza (większa) ich ilościowa poprawa w wyniku odbycia terapii.

Tabela 10. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (rang Spearmana).

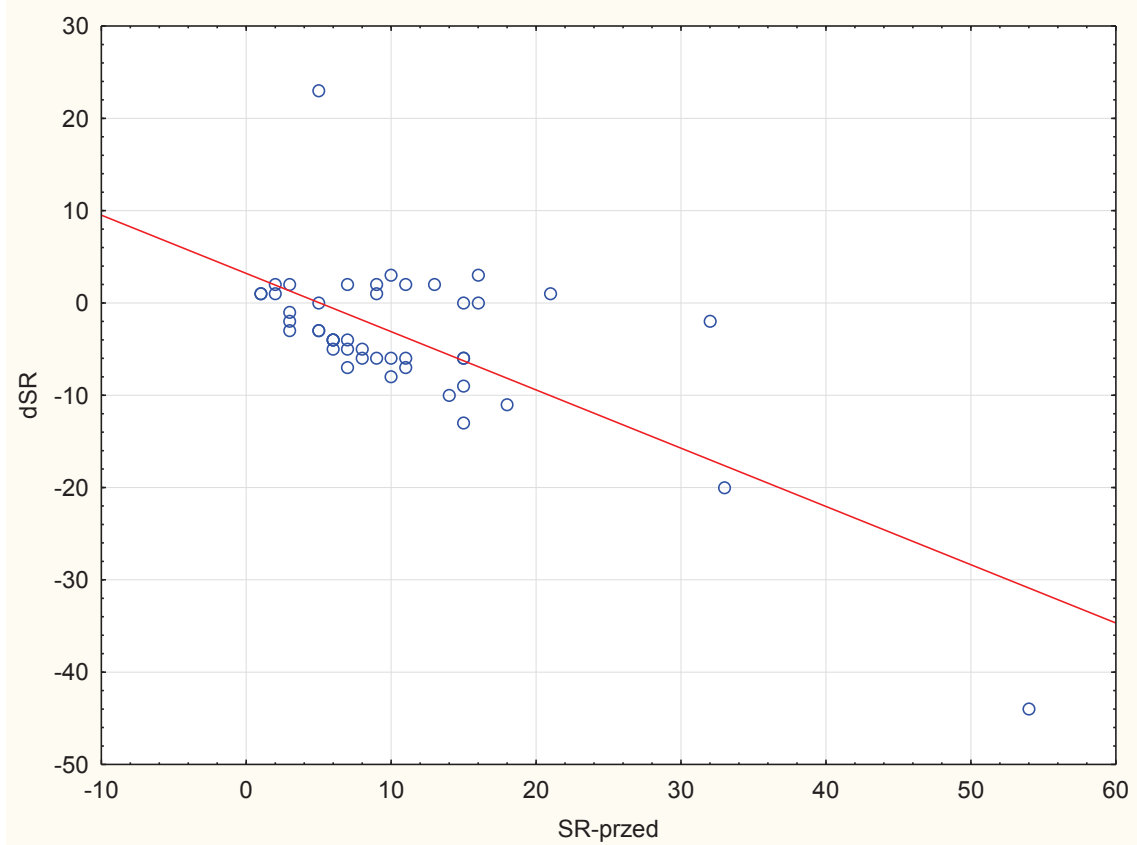
<i>Macierz korelacji (grupa badana) N=30</i>		
	dSC	dSR
SC- przed	-0,720 (-0,622)	-0,532 (-0,349)
SR- przed	-0,463 (-0,568)	-0,971 (-0,939)

Liniowy charakter oraz siłę opisywanej zależności bardzo dobrze uzupełniają poniższe wykresy rozrzutu. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (rang Spearmana) dla pary zmiennych SC przed terapią z dSC wynosi -0,702 (-0,622), natomiast dla zmiennych SR przed terapią z dSR jest jeszcze silniejszy i osiąga wartość -0,971 (-0,939). Oba przypadki stosunkowo dobrze prezentuje malejąca funkcja regresji liniowej.

Rysunek 12. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi SC oraz dSC.



Rysunek 13. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi SR oraz dSR.



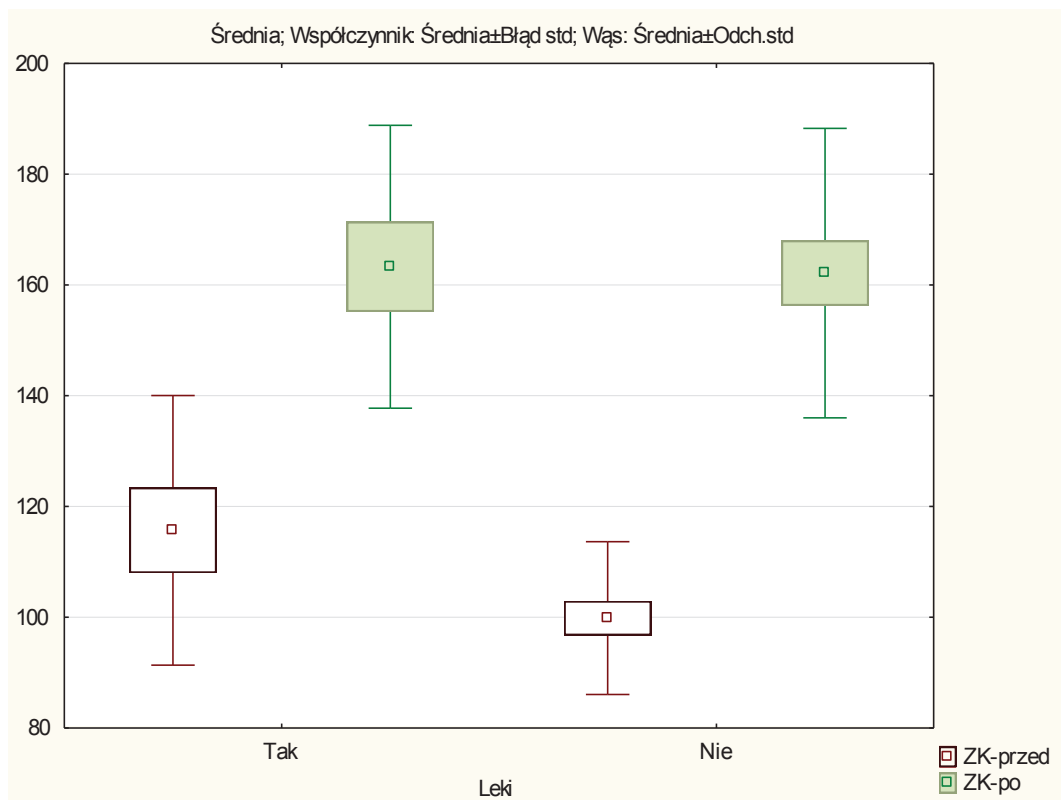
Hipoteza 5: Uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback statystycznie istotnie w większym stopniu poprawia zdolność koncentracji uwagi w grupie dzieci, gdzie nie stosowane były leki.

W celu sprawdzenia niniejszej hipotezy, posłużono się najbardziej rzetelnym wskaźnikiem testu d2, tj. wskaźnikiem ZK - zdolność koncentracji uwagi oraz wskaźnikiem testu 15 słów Reya - SR, czyli liczbą powtórzonych słów w 5 próbach. Należy podkreślić, iż test d2 bada zdolność koncentracji uwagi na bodźcach zewnętrznych, z kolei test RAVLT bada procesy odtwarzania bezpośredniego, opartego na materiale słownym, zatem dotyczy uwagi słuchowej. W wyniku uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback odnotowano poprawę wskaźnika uwagi - dZK statystycznie istotnie większą w grupie dzieci gdzie nie stosowane były leki. Rzeczywisty poziom istotności dla porównania zmian wskaźnika ZK ($p=0,048$) jest dość bliski wartości granicznej, natomiast w przypadku wskaźnika dSR testy wyraźnie nie dają podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o ich równości w populacjach generalnych.

Tabela 11. Testy istotności różnic, pomiędzy dziećmi zażywającymi leki i niezażywającymi.

Testy istotności różnic					
Zmienna	Parametr	Leki - tak	Leki - nie	t/U	p
dZK	Średnia	47,60	62,30	-2,068	0,048
	Odch. Std.	13,31	20,31		
	N	10	20		
	Odch. Std.	5,25	4,51		
	N	10	20		
dSR	Średnia	-6,90	-6,75	-0,046	0,964
	Odch. Std.	5,86	9,35		
	N	10	20		

Rysunek 14. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej ZK w zależności od stosowania leków.



Powyższy rysunek pokazuje, jak nieznacznie bardziej (choć statystycznie istotnie) poprawia się wskaźnik ZK (zdolność koncentracji uwagi) w grupie dzieci niestosujących leków. Zmiana wskaźnika ZK w wyniku terapii EEG-Biofeedback u dzieci stosujących leki wynosiła 47,60 ($\pm 13,31$) podczas gdy u dzieci nie stosujących leki 62,30 ($\pm 20,31$).

Hipoteza 6: Płeć, ręczność, występowanie dodatkowych zaburzeń oraz typ ADHD statystycznie istotnie nie wpływają na stopień zmian wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback.

Hipoteza szósta została zweryfikowana pozytywnie na podstawie wyników poniższych testów istotności różnic dla kluczowych wskaźników oceniających uwagę oraz pamięć krótkotrwałą. Do oceny statystycznej wykorzystano dwa wskaźniki z testu d2: ogólną zdolność spostrzegania (WZ-B) i zdolność koncentracji (ZK) oraz dwa wskaźniki testu RAVLT: liczbę zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach (SC) i liczbę słów powtórzonych w 5 próbach (SR).

Tabela 12. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do płci.

Testy istotności różnic					
Zmienna	Parametr	Dziewczynka	Chłopiec	t/U	p
dWZ-B	Średnia	120,00	102,27	-0,782	0,441
	Odch. Std.	34,55	43,03		
	N	4	26		
dZK	Średnia	63,00	56,54	-0,153	0,879
	Odch. Std.	28,15	18,28		
	N	4	26		
dSC	Średnia	7,00	8,31	0,512	0,613
	Odch. Std.	2,58	4,95		
	N	4	26		
dSR	Średnia	-3,25	-7,35	-1,228	0,219
	Odch. Std.	2,75	8,69		
	N	4	26		

Tabela 13. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do ręczności.

Testy istotności różnic					
<i>Zmienna</i>	<i>Parametr</i>	<i>Ręczność – prawa</i>	<i>Ręczność – lewa</i>	<i>t/U</i>	<i>p</i>
dWZ-B	Średnia	95,24	126,56	-1,966	0,059
	Odch. Std.	41,66	35,47		
	N	21	9		
dZK	Średnia	56,48	59,56	-0,393	0,697
	Odch. Std.	19,21	20,73		
	N	21	9		
dSC	Średnia	8,38	7,56	1,000	0,317
	Odch. Std.	4,62	5,10		
	N	21	9		
dSR	Średnia	-7,33	-5,56	0,433	0,665
	Odch. Std.	9,52	4,16		
	N	21	9		

Tabela 14. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do typu ADHD.

Testy istotności różnic					
<i>Zmienna</i>	<i>Parametr</i>	<i>ADHD – typ 0</i>	<i>ADHD – typ 1</i>	<i>t/U</i>	<i>p</i>
dWZ-B	Średnia	101,25	111,40	-0,618	0,541
	Odch. Std.	46,49	31,97		
	N	20	10		
dZK	Średnia	56,70	58,80	-0,880	0,379
	Odch. Std.	22,11	13,16		
	N	20	10		
dSC	Średnia	7,85	8,70	-0,461	0,648
	Odch. Std.	4,51	5,25		
	N	20	10		
dSR	Średnia	-5,50	-9,40	0,996	0,319
	Odch. Std.	4,87	12,55		
	N	20	10		

Tabela 15. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do występowania dodatkowych zaburzeń.

Testy istotności różnic					
Zmienna	Parametr	Zaburzenia – Tak	Zaburzenia – Nie	t/U	p
dWZ-B	Średnia	116,56	99,52	-1,021	0,316
	Odch. Std.	38,15	43,30		
	N	9	21		
dZK	Średnia	62,22	55,33	-1,653	0,098
	Odch. Std.	12,85	21,51		
	N	9	21		
dSC	Średnia	6,67	8,76	1,462	0,155
	Odch. Std.	2,55	5,29		
	N	9	21		
dSR	Średnia	-11,22	-4,90	1,663	0,096
	Odch. Std.	12,80	4,52		
	N	9	21		

Żaden z powyższych wskaźników, będących różnicą pomiędzy pomiarem końcowym a początkowym, to jest wskaźnik ogólnej zdolności spostrzegania -dWZ-B, zdolność koncentracji -dZK, liczba zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach -dSC oraz liczba powtórzonych słów w 5 próbach -dSR nie różnił się statystycznie istotnie w porównywanych grupach niezależnie od zastosowanego podziału ze względu na płeć, ręczność, typ ADHD oraz współistnienie zaburzeń. Wartym wzmianki jest jednak fakt, że wskaźnik dWZ-B porównywany w grupie dzieci leworęcznych i praworęcznych był bliski uznania za statystycznie istotnie różniący się ($p=0,059$).

Hipoteza 7: Uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback poprawia pamięć krótkoterminową i wybrane wskaźniki uwagi u dzieci z ADHD w porównaniu do wyników dzieci nie uczestniczących w terapii.

Celem weryfikacji niniejszej hipotezy, porównano wskaźniki uwagi oraz pamięci krótkotrwałej, otrzymane w wyniku dwukrotnego przeprowadzenia testów: d2 oraz RAVLT u dzieci z grupy kontrolnej, a zatem nie uczestniczących w terapii. W grupie kontrolnej nie nastąpiły żadne istotne statystycznie zmiany poza najmniej znaczącym wskaźnikiem GP (granice przedziału wyników) oraz pogorszeniem się wskaźnika SR, czyli wzrostu liczby powtórzonych słów w 5 próbach.

Tabela 16. Wyniki testów istotności różnic parametrów testu d2 dla grupy kontrolnej (pomiar początkowy i po ok. 6 tygodniach).

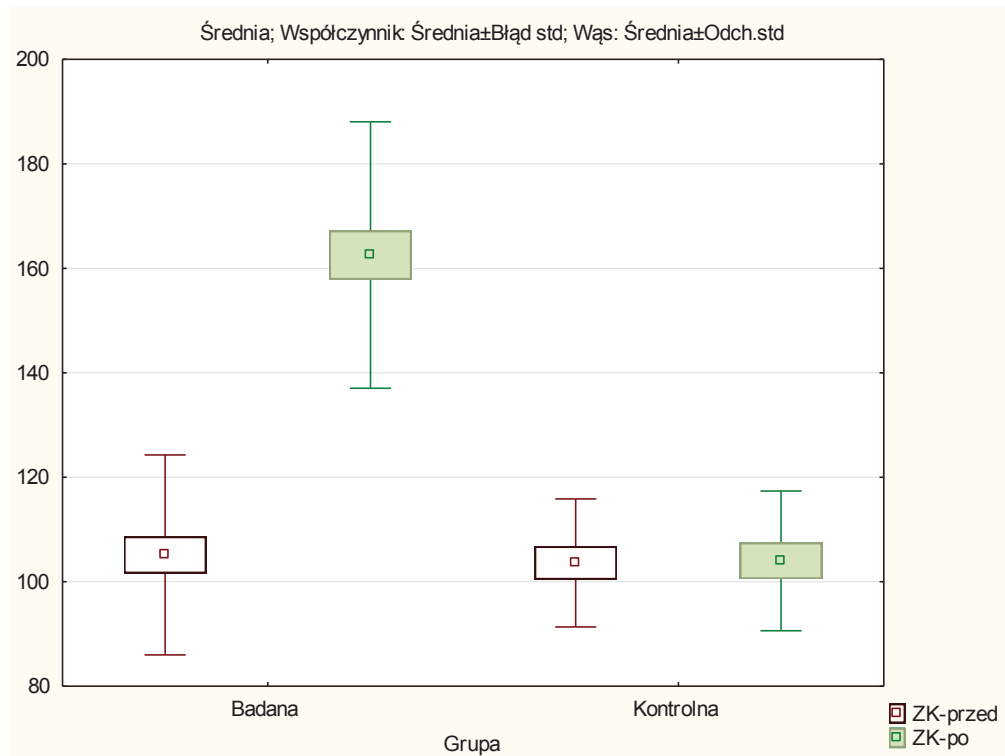
<i>Test d2 (grupa kontrolna) N=15</i>				
	Średnia	Odch.st.	t/z	p
WZ-przed	305,40	43,51	-0,866	0,401
WZ-po	308,87	49,84		
B-przed	24,13	9,56	0,369	0,712
B-po	25,33	9,26		
B%-przed	7,87	2,81	-0,509	0,619
B%-po	8,08	2,16		
GP-przed	10,13	3,02	2,162	0,048
GP-po	9,27	2,49		
WZ-B-przed	280,60	40,81	-0,764	0,458
WZ-B-po	283,67	43,57		
ZK-przed	103,60	12,26	-0,205	0,840
ZK-po	104,00	13,36		
Bld1-przed	7,27	3,39	-1,501	0,156
Bld1-po	8,40	3,42		
Bld2-przed	9,40	4,42	-0,147	0,885
Bld2-po	9,53	4,32		
Bld3-przed	7,87	3,27	0,519	0,612
Bld3-po	7,40	3,38		

Tabela 17. Wyniki testów istotności różnic parametrów Testu RAVLT dla grupy kontrolnej (pomiar początkowy i po ok. 6 tygodniach).

<i>Test RAVLT (grupa kontrolna) N=15</i>				
	Średnia	Odch.st.	t/z	p
SC-przed	55,20	6,56	1,412	0,158
SC-po	54,40	7,00		
SR-przed	11,47	7,92	2,551	0,011
SR-po	14,13	8,12		
SF-przed	0,93	1,22	0,000	1,000
SF-po	0,93	1,28		

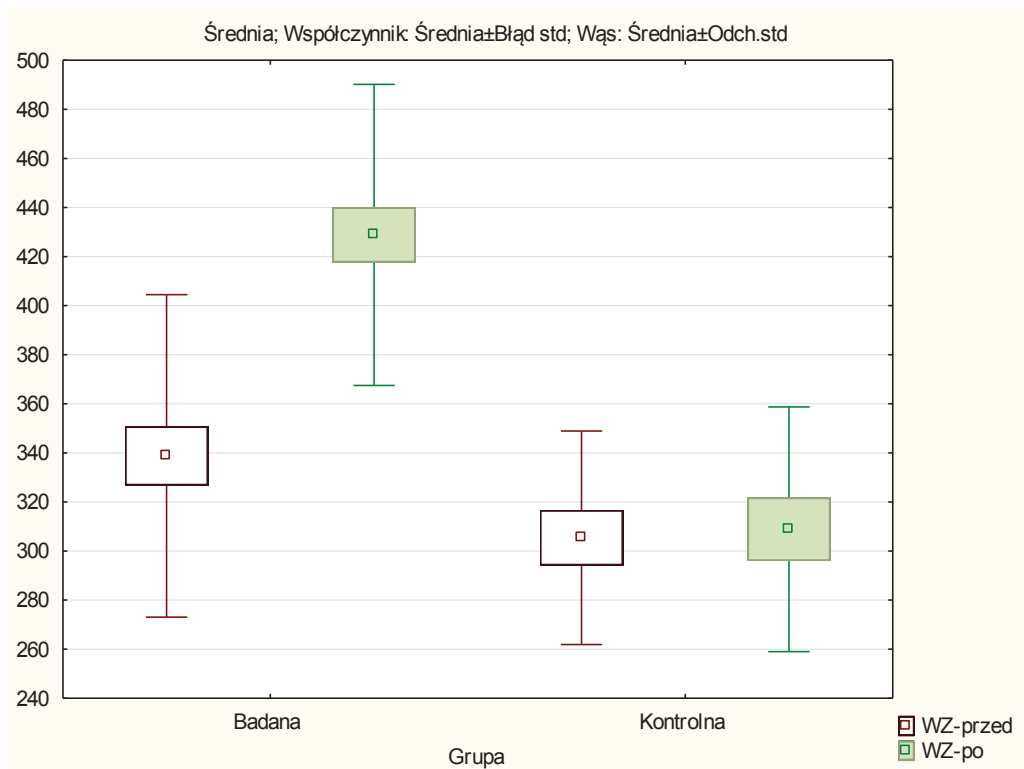
Poniższe rysunki prezentują zmiany wskaźników uwagi: ZK, WZ, B, B%, GP, WZ-B, Bld1-3 oraz wskaźników pamięci krótkotrwałej SC, SR, SF w zestawieniu dla grupy badanej i kontrolnej. Są one graficznym zestawieniem wyników otrzymanych w tabelach 6, 7 (wyniki testów istotności różnic parametrów testu d2 oraz testu RAVLT dla grupy badanej) oraz 15, 16. Jak już wcześniej zauważono, wszystkie odczyty w grupie badanej statystycznie istotnie poprawiły się w przeciwieństwie do grupy kontrolnej, gdzie nie nastąpiła żadna poprawa.

Rysunek 15. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej ZK w grupie badanej i kontrolnej.



W grupie badanej wskaźnik ZK-zdolność koncentracji zwiększył się statystycznie istotnie ($p=0,000$) z poziomu 105,13 ($\pm 19,13$) do 162,53 ($\pm 25,50$), natomiast w grupie kontrolnej statystycznie nieistotnie ($p=0,840$) od wartości 103,60 ($\pm 12,26$) do wartości 104,00 ($\pm 13,36$). Oznacza to poprawę zdolności koncentracji uwagi w wyniku uczestnictwa w terapii EEG-Biofeedback.

Rysunek 16. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej WZ w grupie badanej i kontrolnej.



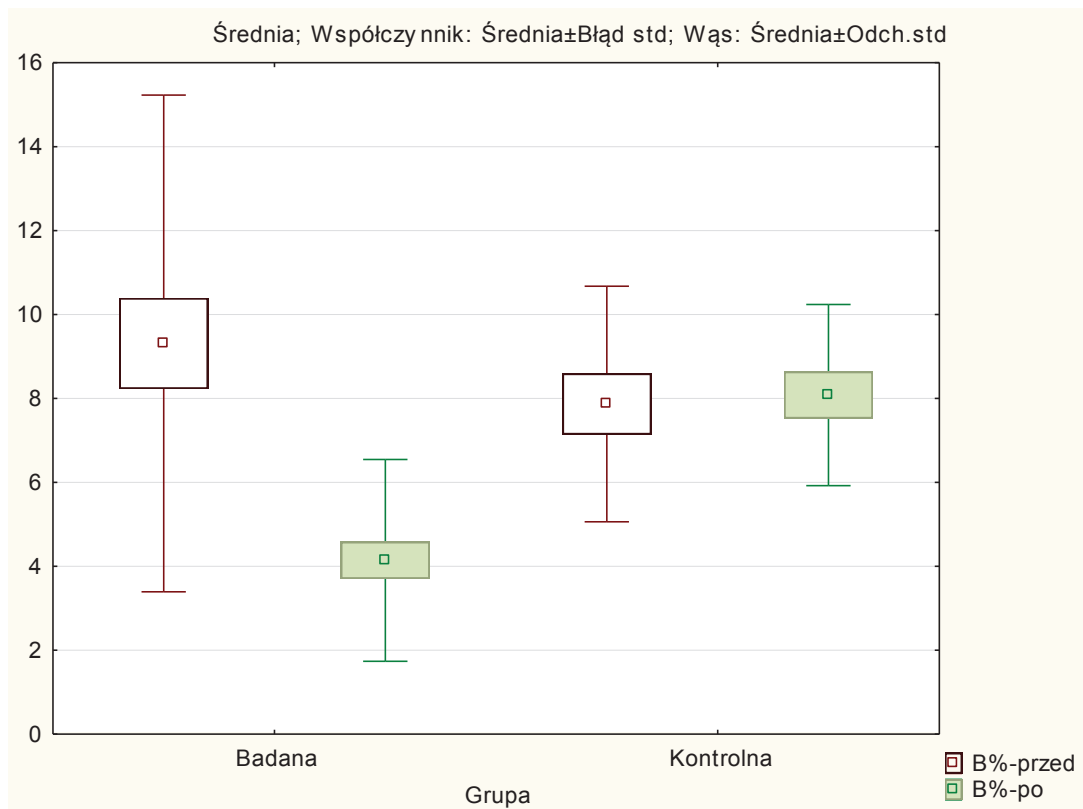
W grupie badanej poprawie uległa również szybkość spostrzegania (pracy)-WZ, mierzona ogólną liczbą opracowanych liter. Wskaźnik ten zwiększył się statystycznie istotnie ($p=0,000$) z poziomu $338,77 (\pm 65,72)$ do $428,83 (\pm 61,37)$, natomiast w grupie kontrolnej statystycznie nieistotnie ($p=0,401$) od wartości $305,40 (\pm 43,51)$ do wartości $308,87 (\pm 49,84)$.

Rysunek 17. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej B w grupie badanej i kontrolnej.



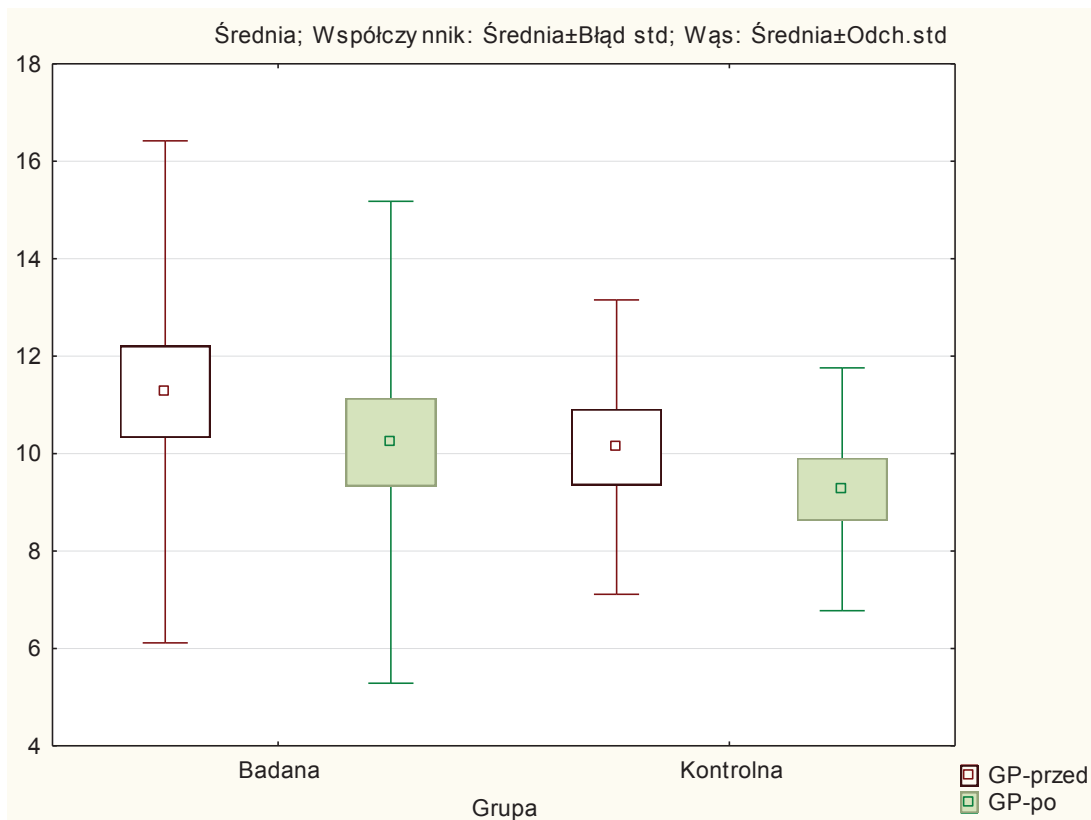
Badania własne wykazały, iż grupa badana popełniła mniej błędów w teście (zarówno błędów pominięcia, jak i błędnie skreślonych liter) w porównaniu do grupy kontrolnej. W grupie badanej wskaźnik B- ilość popełnionych błędów zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,002$) z poziomu 33,53 ($\pm 27,66$) do 18,47 ($\pm 12,50$), z kolei w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,712$) od wartości 24,13 ($\pm 9,56$) do wartości 25,33 ($\pm 9,26$).

Rysunek 18. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej B% w grupie badanej i kontrolnej.



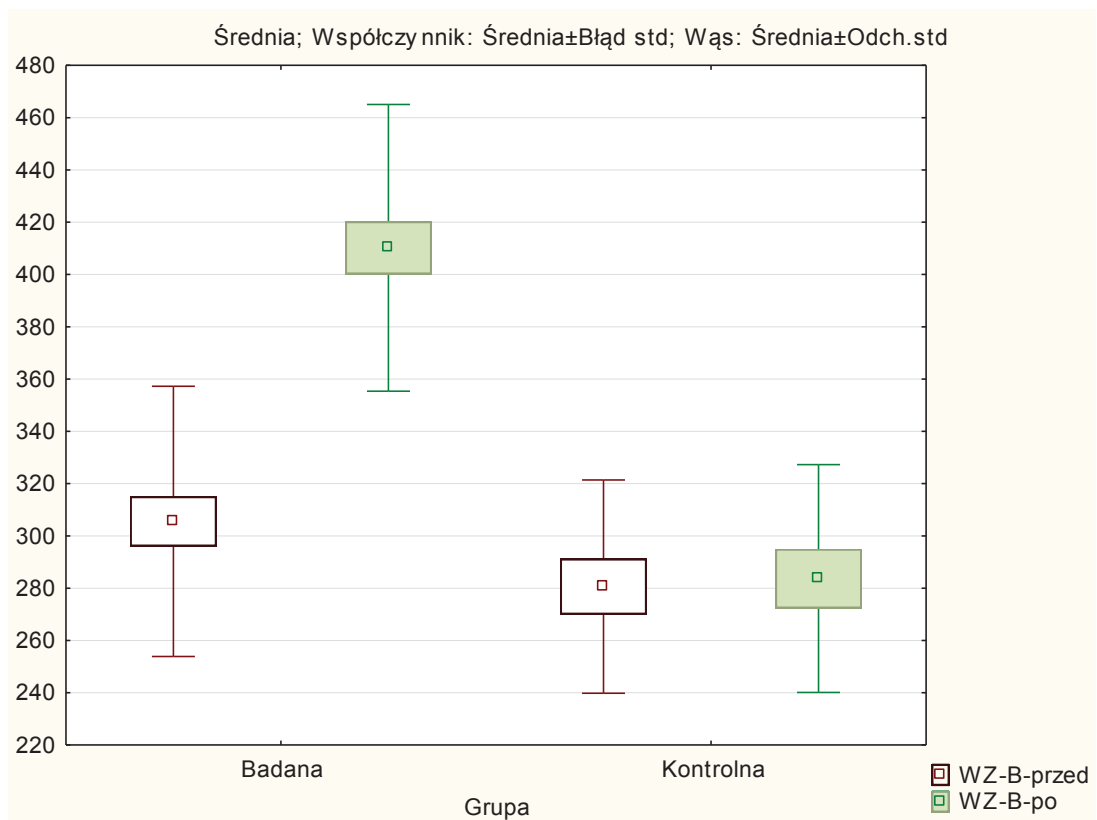
Udział błędów w opracowanej części testu w grupie poddanej terapii uległ zmniejszeniu. W grupie badanej wskaźnik względny B% (procentowy udział błędów) zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,002$) z poziomu $9,31 (\pm 5,92)$ do $4,14 (\pm 2,41)$, natomiast w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,619$) od wartości $7,87 (\pm 2,81)$ do wartości $8,08 (\pm 2,16)$. Im mniejszy udział błędów, tym wyższa ocena jakościowa i większa dokładność spostrzegania.

Rysunek 19. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej GP w grupie badanej i kontrolnej.



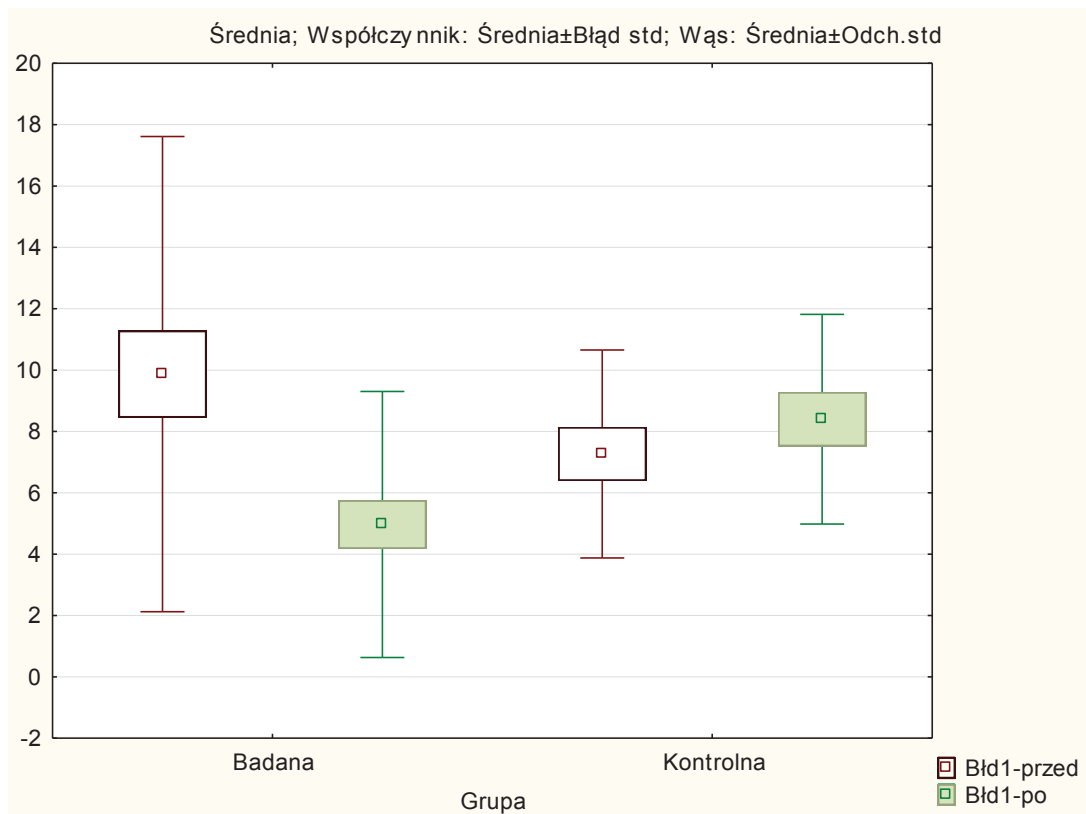
Granice przedziału wyników (GP) informują o tempie pracy: stałym bądź zmiennym i są różnicą pomiędzy maksymalną i minimalną ilością opracowanych liter w poszczególnych czasach cząstkowych. Granice przedziału wyników nie mają rozkładu normalnego i są mniej istotnym wskaźnikiem w tej metodzie. W grupie badanej wskaźnik GP zmniejszył się statystycznie nieistotnie ($p=0,293$) z poziomu 11,27 ($\pm 5,15$) do 10,23 ($\pm 4,95$) w przeciwieństwie do grupy kontrolnej, gdzie zmienił się statystycznie istotnie ($p=0,048$) od wartości 10,13 ($\pm 3,02$) do wartości 9,27 ($\pm 2,49$).

Rysunek 20. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej WZ-B w grupie badanej i kontrolnej.



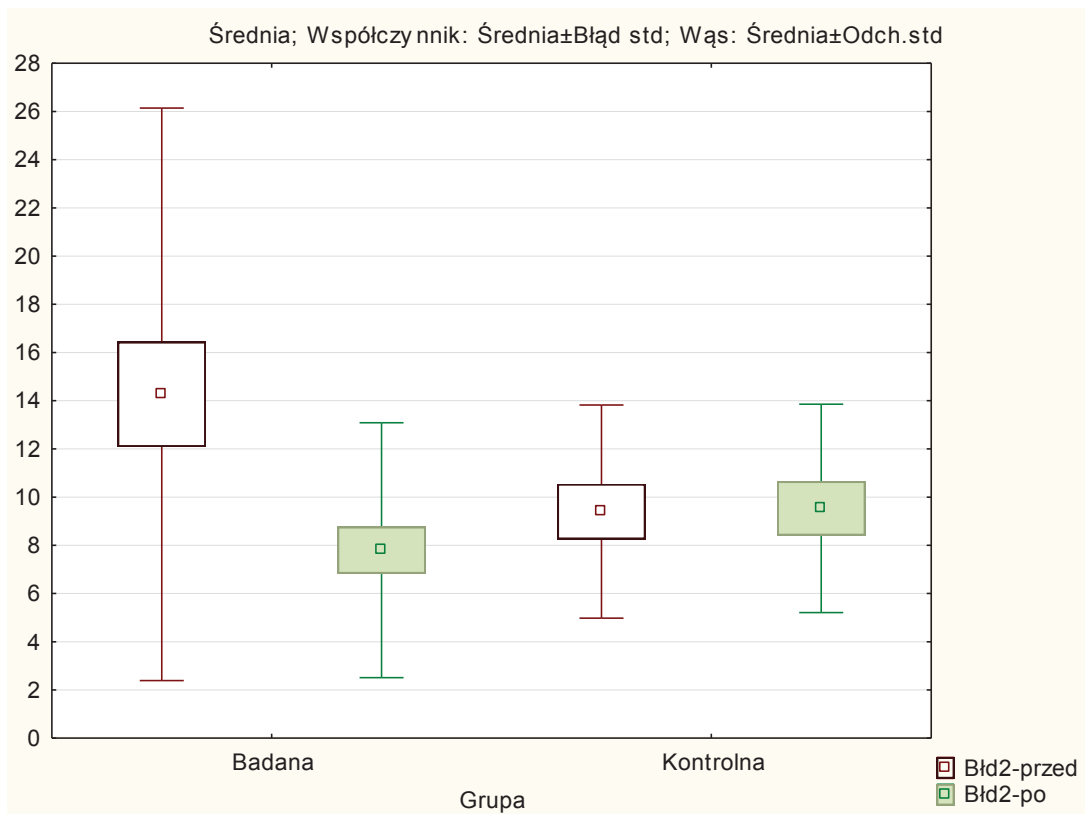
W grupie badanej wskaźnik WZ-B- ogólna zdolność spostrzegania zwiększył się statystycznie istotnie ($p=0,000$) z poziomu 305,57 ($\pm 51,70$) do 410,20 ($\pm 54,85$), natomiast w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,458$) od wartości 280,60 ($\pm 40,81$) do wartości 283,67 ($\pm 43,57$).

Rysunek 21. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej Błd1 w grupie badanej i kontrolnej.



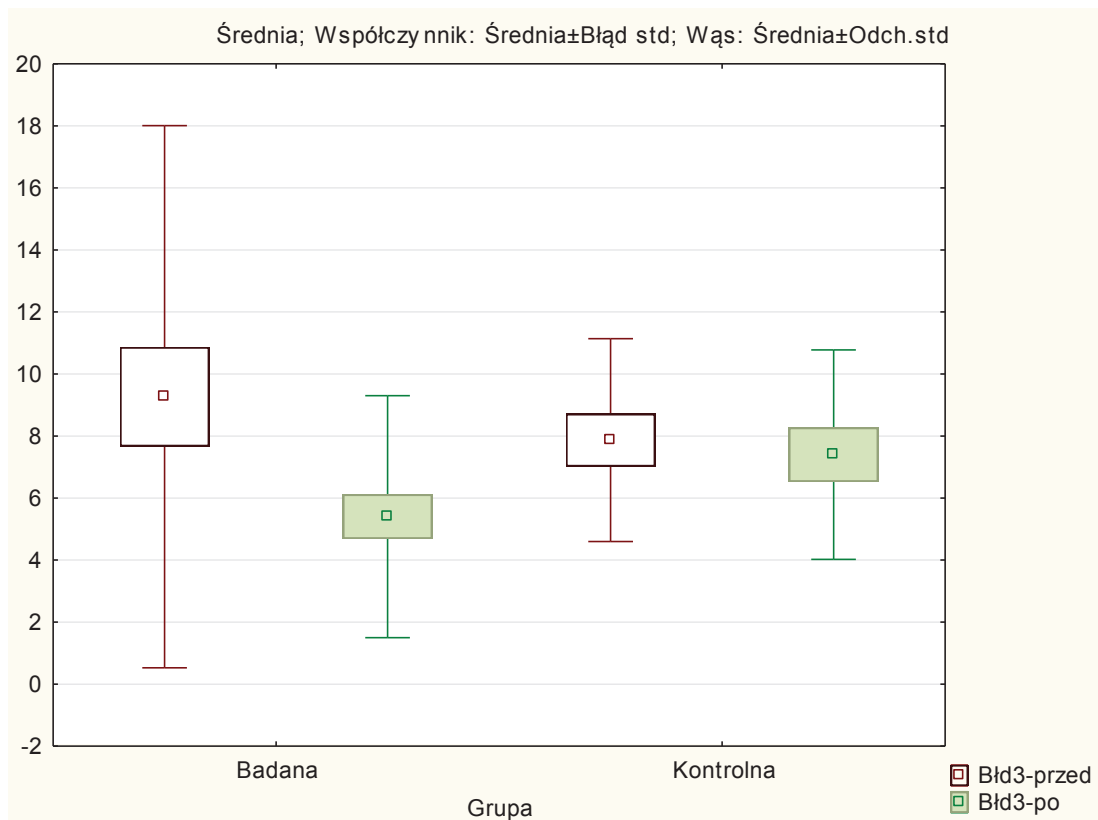
Rozkład B (Błd1, Błd2, Błd3) informuje o tym, czy liczba błędów występuje równomiernie we wszystkich etapach badania, czy tylko w charakterystycznych miejscach, np. na początku lub na końcu. W grupie badanej wskaźnik Błd1-ilość błędów w pierwszej fazie badania zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,001$) z poziomu 9,87 ($\pm 7,74$) do 4,97 ($\pm 4,33$), z kolei w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,156$) od wartości 7,27 ($\pm 3,39$) do wartości 8,40 ($\pm 3,42$).

Rysunek 22. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej Błd2 w grupie badanej i kontrolnej.



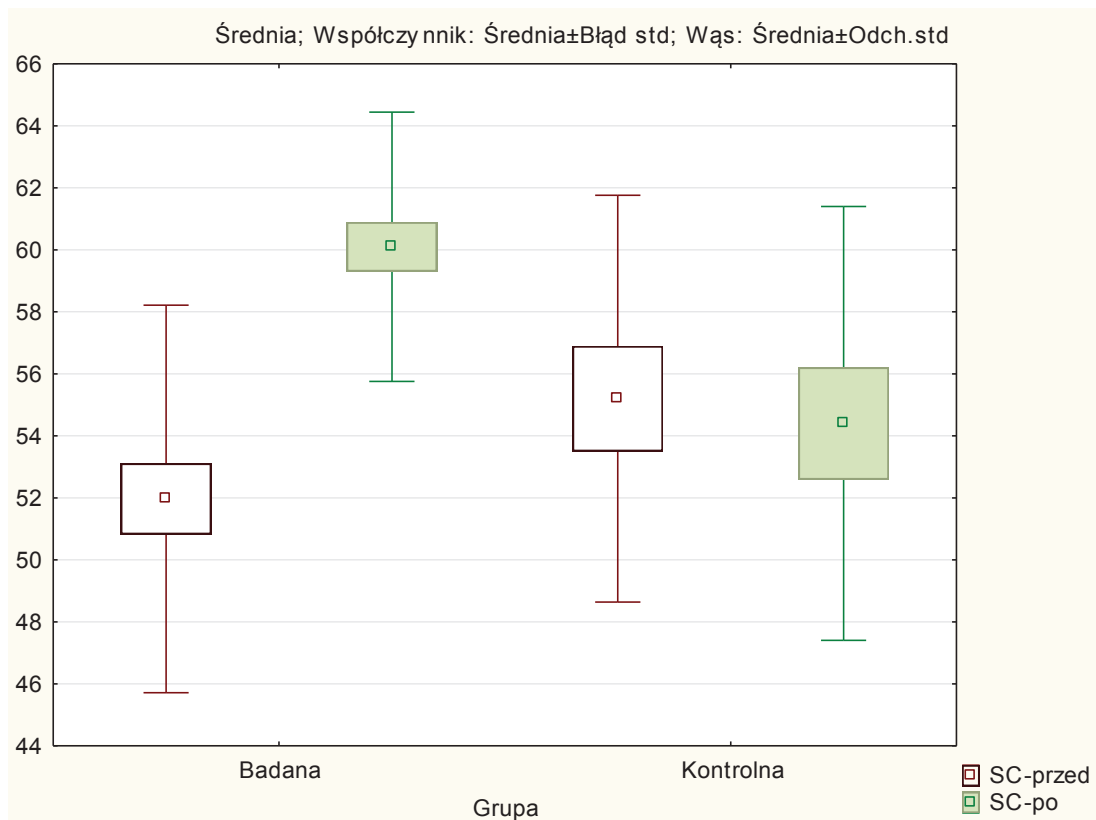
Wskaźnik Błd2- ilość błędów w drugiej fazie badania zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,001$) z poziomu 14,27 ($\pm 11,88$) do 7,80 ($\pm 5,29$) w grupie badanej, zaś w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,885$) od wartości 9,40 ($\pm 4,42$) do wartości 9,53 ($\pm 4,32$).

Rysunek 23. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej Błd3 w grupie badanej i kontrolnej.



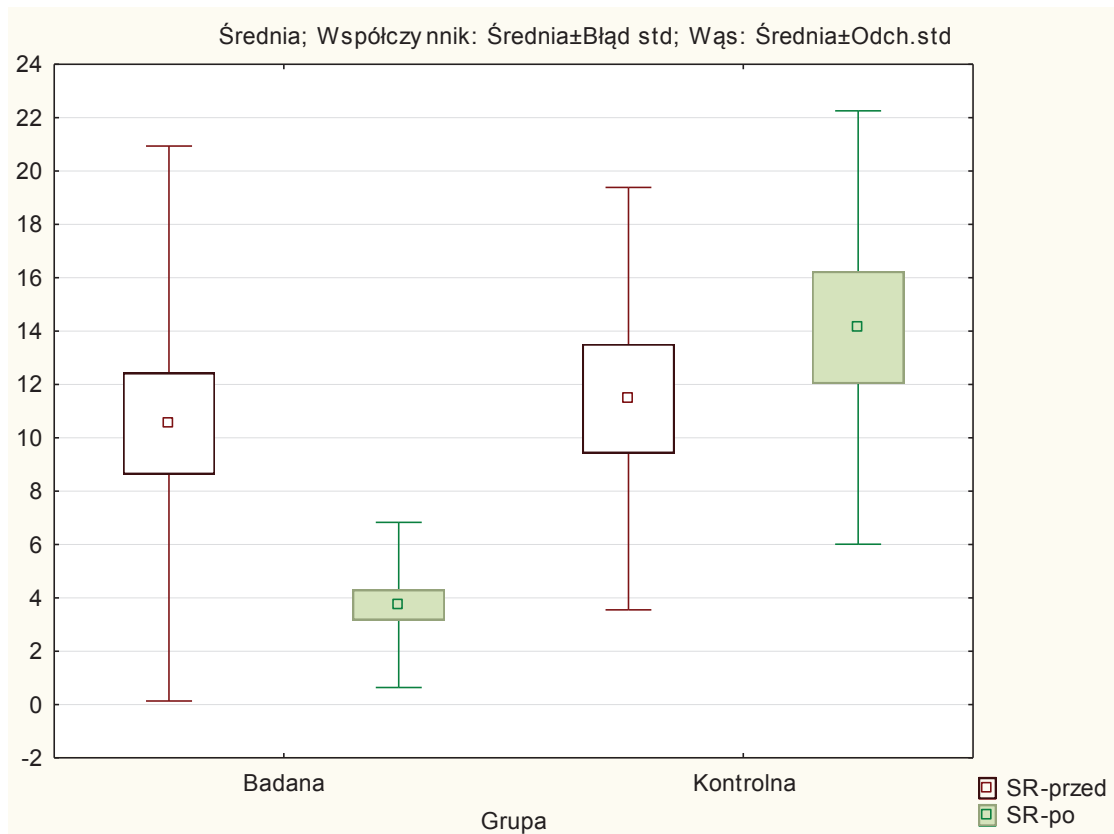
W grupie badanej wskaźnik Błd3- ilość błędów w trzeciej fazie badania zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,009$) z poziomu $9,27 (\pm 8,74)$ do $5,40 (\pm 3,90)$ zaś w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,612$) od wartości $7,87 (\pm 3,27)$ do wartości $7,40 (\pm 3,38)$.

Rysunek 24. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SC w grupie badanej i kontrolnej.



Jak widać na powyższym wykresie, w grupie badanej wskaźnik SC, czyli liczba zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach zwiększył się statystycznie istotnie ($p=0,000$) z poziomu $51,97 (\pm 6,25)$ do $60,10 (\pm 4,34)$, natomiast w grupie kontrolnej zmienił się statystycznie nieistotnie ($p=0,158$) od wartości $55,20 (\pm 6,56)$ do wartości $54,40 (\pm 7,00)$. Zwiększenie się liczby zapamiętanych słów (właściwych) świadczy o poprawie sprawności pamięciowej.

Rysunek 25. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SR w grupie badanej i kontrolnej.



Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SR, czyli liczby słów powtórzonych w 5 próbach, obrazuje, iż w grupie badanej wskaźnik ten zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,000$) z poziomu 10,53 ($\pm 10,40$) do 3,73 ($\pm 3,10$), z kolei w grupie kontrolnej zwiększył się statystycznie istotnie ($p=0,011$) od wartości 11,47 ($\pm 7,92$) do wartości 14,13 ($\pm 8,12$). Występowanie dużej liczby powtórzeń, wskazuje na problemy z koncentracją uwagi.

Rysunek 26. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SF w grupie badanej i kontrolnej.



W grupie badanej wskaźnik SF, czyli liczba zmyślonych słów w 5 próbach zmniejszył się statystycznie istotnie ($p=0,000$) z poziomu 1,70 ($\pm 1,78$) do 0,20 ($\pm 0,41$), zaś w grupie kontrolnej nie zmienił się ($p=1,000$) pozostając na poziomie 0,93. Zdaniem autora testu, zmyślenia świadczą o zaburzeniach procesów uwagi, pamięci i kojarzenia, zatem zmniejszenie się liczby zmyślonych słów wskazuje na poprawę ogólnej sprawności pamięciowej.

Hipoteza 8: 15 treningów EEG-Biofeedback jest wystarczające dla osiągnięcia pozytywnych zmian u dzieci z ADHD.

Powyższa hipoteza została potwierdzona na podstawie weryfikacji hipotezy pierwszej i drugiej oraz zestawieniu wyników grupy badanej z grupą kontrolną. Wszystkie wskaźniki uwagi za wyjątkiem GP (granice przedziału wyników) oraz wszystkie wskaźniki pamięci krótkotrwałej wykazały statystycznie istotną poprawę u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback. W grupie kontrolnej nie odnotowano żadnych statystycznie istotnych zmian, świadczących o poprawie wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej.

Podsumowanie

W przedstawionej pracy sprawdzano wpływ 15 treningów EEG-Biofeedback w odniesieniu do wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD. Skuteczność terapii neurofeedback badano z wykorzystaniem dwóch testów psychologicznych: testu d2 oraz testu Rey'a. W badaniu wzięło udział 45 dzieci ze zdiagnozowanym ADHD, w tym 30 osób stanowiło grupę badaną, natomiast 15 osób grupę kontrolną. Rozpoznanie podtypów ADHD nastąpiło na podstawie ustrukturalizowanego wywiadu w kierunku ADHD zgodnego z kryteriami diagnostycznymi DSM IV.

Na podstawie przeprowadzonych badań, pozytywnie zweryfikowano hipotezę główną, że „Trening EEG-Biofeedback wpływa na poprawę wybranych wskaźników uwagi oraz poprawia pamięć krótkotrwałą u dzieci z ADHD”, a także hipotezy szczegółowe. Wykazano, iż w wyniku przebytych 15 treningów EEG-Biofeedback statystycznie istotnej poprawie uległy wybrane wskaźniki uwagi, w szczególności ogólna zdolność spostrzegania WZ-B (wzrost średniej z 338,77 do 428,83), zdolność koncentracji ZK (wzrost średniej z 105,13 do 162,53) oraz wskaźniki pamięci krótkotrwałej, przede wszystkim liczba zapamiętanych słów właściwych w 5 próbach SC (wzrost średniej z 51,97 do 60,10) i liczba słów powtórzonych w 5 próbach SR (spadek średniej z 10,53 do 3,73). Udowodniono, że stopień wyjściowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD nie wpływa znacząco na efekt terapii, natomiast stopień wyjściowej, sprawności pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD ma wpływ na wielkość zmiany na wskutek uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback, co oznacza, że im lepsze (gorsze) wyjściowe wskaźniki SC oraz SR tym mniejsza (większa) ich ilościowa poprawa. Ponadto, zdolność koncentracji uwagi (ZK) istotnie statystycznie poprawiła się w grupie dzieci, gdzie nie stosowane były leki ($p=0,048$). Wyniki testów istotności dla kluczowych wskaźników, oceniających uwagę i pamięć krótkotrwałą wykazały, iż płeć, ręczność, typ ADHD oraz występowanie dodatkowych zaburzeń nie wpływają statystycznie istotnie na stopień zmian wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback. Trzeba jednak dodać, iż wskaźnik dWZ-b porównywany u dzieci praworęcznych i leworęcznych był bliski uznania za statystycznie istotnie różniący się ($p=0,059$). Analiza statystyczna niniejszych wyników badań wykazała, iż w grupie kontrolnej nie nastąpiły żadne istotne statystycznie zmiany, z wyjątkiem pogorszenia się wskaźnika SR (liczba powtórzeń w 5

próbach). Przykładowo, wskaźnik istotności statystycznej miernika ZK w grupie badanej był na poziomie $p=0,00$ natomiast w grupie kontrolnej na poziomie $p=0,840$. Można zatem zauważyć, iż uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback znacząco wpłynęło na poprawę zdolności koncentracji.

Biorąc pod uwagę powyższe, należy uznać, iż terapia neurofeedback wpłynęła na poprawę wybranych funkcji poznawczych u dzieci z ADHD.

5.DYSKUSJA

Przedstawiony wynik badań własnych wykazał, iż trening EEG-Biofeedback jest skuteczną formą terapii wspomagającej dla dzieci z ADHD. Zmianie uległy zarówno wybrane wskaźniki uwagi, w tym zdolność koncentracji, jak i efektywność pamięci krótkotrwałej. W odróżnieniu od badań zagranicznych, autor niniejszej rozprawy ukazał, iż stosunkowo niewielka liczba treningów tj. 15 sesji (zagranicą 30-60 [21][22][68]) jest w stanie usprawnić funkcjonowanie wybranych funkcji poznawczych. W badaniach prowadzonych za granicą wykazano, iż terapia EEG-Biofeedback zmniejsza objawy ADHD [21][65][92][104] i poprawia wybrane funkcje poznawcze [21][22][65], a efekt porównywalny jest z efektem farmakologicznym [65][71]. W niniejszych badaniach porównanie ilości objawów ADHD (przed i po terapii) nie było możliwe z uwagi na krótki okres trwania terapii (6-7 tyg.). Trzeba jednak podkreślić, iż 15 treningów EEG-Biofeedback jest fragmentem terapii neurofeedback.

Kwestią dyskusyjną jest czas działania terapii EEG-Biofeedback. Jedni badacze twierdzą, iż zmiany te są stałe [61] inni natomiast wskazują, iż efekty przebytych treningów utrzymują się do 6 miesięcy od zakończenia terapii [23][65][92]. Biorąc pod uwagę mózgowy mechanizm uczenia się (trening EEG-Biofeedback jest formą uczenia się) to struktury w mózgu i połączenia, które nie są używane, zanikają [9]. Z drugiej strony jednak, zmiany które mogą być zapoczątkowane w wyniku uczestnictwa w terapii są korzystne i mogą się stać punktem wyjścia do innych terapii.

Jak wykazały autorskie badania, wielkość początkowych zaburzeń nie wpływa na wielkość zmiany (efektywność terapii) w odniesieniu do kluczowych wskaźników uwagi tj. ogólnej zdolności spostrzegania (WZ-B) oraz zdolności koncentracji (ZK). Oznacza to, że w odniesieniu do koncentracji uwagi, terapia EEG-Biofeedback może być skuteczna bez względu na wielkość początkowych zaburzeń, wskazuje to na uniwersalność metody. Z kolei stopień wyjściowej, ogólnej sprawności pamięci krótkotrwałej, mierzonej najważniejszymi wskaźnikami (ilością zapamiętanych słów w 5 próbach i ilością powtórzeń w 5 próbach) istotnie wpływa na wielkość zmiany. Oznacza to, iż im lepszy wynik w pre-teście otrzymało dziecko, tym mniejsza nastąpiła poprawa i odwrotnie im słabszy wynik w pre-teście, tym większa poprawa.

Uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback statystycznie istotnie w większym stopniu poprawia stopień koncentracji w grupie dzieci, gdzie nie stosowane były leki. Leki

psychostymulujące, wpływają na zmniejszenie impulsywności i poprawę koncentracji uwagi, wadą jest to, że posiadają one skutki uboczne i działają tak długo, jak długo są podawane. Trening EEG-Biofeedback wykazał się większą skutecznością w odniesieniu do dzieci, które nie zażywały leków, zatem można wysnuć wniosek, iż terapia wydaje się być dobrą alternatywą dla dzieci, które z jakichś przyczyn nie stosują leków. Wyniki badań są poniekąd zgodne z badaniami prowadzonymi za granicą, wykazano bowiem, iż skuteczność terapii EEG-Biofeedback jest porównywalna z farmakoterapią [65][71]. Ponadto udowodniono, iż część osób w trakcie terapii neurofeedback była w stanie zmniejszyć dawkę przyjmowanego leku o połowę [67]. Zaobserwowano również, iż po odstawieniu leków (Ritalin), grupa która została poddana terapii neurofeedback utrzymywała pozytywne zmiany, odnotowane m.in. w testach TOVA i QEEG, z kolei grupa nieuczestnicząca w treningu nie [68].

Wykazano, iż stopień poprawy wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD nie zależy od płci. W badaniach autorów za granicą również nie odnotowano faktu, jakoby trening EEG-Biofeedback był skuteczniejszy w odniesieniu do płci męskiej lub żeńskiej. Trzeba jednak podkreślić, iż ADHD częściej dotyka chłopców [20], zatem w przeważającej liczbie badań nad skutecznością treningu EEG-Biofeedback, ta grupa stanowi większość. Analiza statystyczna niniejszych badań, wykazała, iż ręczność nie wpływa statystycznie istotnie na poprawę koncentracji uwagi i pamięci krótkoterminowej. Warty wzmianki jest fakt, że wskaźnik dWZ-B (różnica ogólnej zdolności spostrzegania) porównywany w grupie dzieci leworęcznych i praworęcznych był bliski uznania za statystycznie istotnie różniący się ($p=0,059$). Należy dodać, iż ręczność ma wpływ na przebieg procesów poznawczych. Lewa półkula odpowiada m.in. za werbalizację, logikę, racjonalizację, natomiast prawa półkula wykorzystywana jest przy czynnościach, które wymagają wyobraźni i wizualizacji. Trzeba jednak zaznaczyć, iż odnosi się to przeważnie do osób praworęcznych (wtedy dominuje lewa półkula). W przypadku osób leworęcznych przeważnie dominuje prawa półkula. Badania wskazują, iż osoby leworęczne nie wykazują odwrotnego wzorca asymetrii półkulowej (osoby leworęczne są jednak słabiej zlateralizowane), natomiast częściej niż osoby praworęczne cechują się obustronną lokalizacją mowy (sądzi się, iż nawet 30-40% osób leworęcznych). Uważa się, iż mowa zlokalizowana jest w lewej półkuli u ponad 90% osób praworęcznych i 60-70% osób leworęcznych. Trzeba również podkreślić, iż różnice, które zostały stwierdzone w toku

analizy asymetrii półkulowej występują u osób praworęcznych, z kolei u osób leworęcznych występują rzadko lub w ogóle [51].

W badanej próbie występowały dwa typy zaburzeń tj. ADHD – mieszany i z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi. Wyniki przeprowadzonej analizy wykazały, że różnica pomiędzy poziomem wybranych wskaźników uwagi i sprawności pamięci krótkoterminowej między osobami o różnym typie ADHD jest statystycznie nieistotna (zarówno przed, jak i po treningu). Świadczy to o skuteczności terapii EEG-Biofeedback bez względu na typ ADHD. W badaniach Fuchs (2003) również wykazano skuteczność terapii neurofeedback w odniesieniu do różnych typów ADHD, z tym, że w poszczególnych grupach zastosowano odmienne protokoły treningowe [21]. W innych badaniach wykazano skuteczność terapii EEG-Biofeedback w odniesieniu do takich komponentów ADHD, jak zaburzenia koncentracji uwagi i impulsywność, nikły wpływ w odniesieniu do nadpobudliwości [68].

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi czasami współwystępuje z innymi zaburzeniami, między innymi takimi jak dysleksja, dysgrafia czy zaburzenia opozycyjno-buntownicze (ODD). W grupie poddanej terapii były dzieci z tak zwanym „czystym ADHD”, dzieci z ADHD i dysleksją oraz dzieci z ADHD i ODD. Ocena statystyczna wykazała, iż występowanie zaburzeń dodatkowych nie wpływa na skuteczność terapii EEG-Biofeedback w zakresie poprawy wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej, mimo, iż jak wykazały badania A.Kubik i P.Kubik niektóre parametry zapisu EEG są różne u dzieci z ADHD i u dzieci z ADHD z współistniejącymi zaburzeniami [50]. Warto również podkreślić, iż skuteczność terapii neurofeedback odnotowano w przypadku dzieci z dysleksją (po terapii zwiększyło się u nich tempo czytania) [103].

Trening EEG-Biofeedback można prowadzić wg **różnych protokołów** (oznacza to prowadzenie treningu w określonych miejscach wg systemu 10-20 i zwiększanie bądź zmniejszanie określonych rodzajów fal mózgowych), jednak wielu badaczy zaczyna trening od okolicy motorycznej, tj. w miejscach C3, Cz, C4 (S. i S.Othmerowie) – gdzie trenuje się przede wszystkim, by, mówiąc potocznie, „przyspieszyć” pracę lewej półkuli i „zwolnić” prawą stronę. Ponadto, S. Othmer i S. Othmer są zdania, iż ta okolica ma szczególne znaczenie w drodze od „komórek piramidowych w okolicy ruchowej i następnie ich wpływu na oscylatory wzgórkowe” [79]. Miejsca treningowe na korze mózgowej wyznaczone są również w oparciu o funkcje mózgu. Przykładowo płaty ciemieniowe odpowiadają za wiele sprawności, z lewym płatem ciemieniowym

związane są takie funkcje jak: gramatyka, nazywanie obiektów, konstruowanie, procesy matematyczne. Prawy płát odpowiada za orientację, odróżnianie stron, a jego uszkodzenie prowadzi do zaburzeń uwagi, schematu ciała czy rozpoznawania twarzy. Podstawową funkcją płatów skroniowych jest proces pamięci słownej, z kolei zaburzenia pamięci krótkoterminowej związane są z uszkodzeniem płata ciemieniowego i czołowego. Pamięć długoterminowa związana jest z lewym płatem skroniowym. Przykładowo, dysleksja jest wynikiem nieprawidłowego funkcjonowania płata skroniowego w okolicy tylniej-górnej (ośrodek Wernicke) oraz kory płata czołowego (ośrodek Broki) [48]. Protokół treningowy opisuje kierunki treningu, czyli wskazuje, które fale i w których obszarach mózgu należy wzmacniać, a które osłabiać. Uniwersalne protokoły treningowe polegają na zwiększaniu amplitudy fal: SMR i beta oraz zmniejszaniu amplitudy fal wolnych delta i theta oraz fal szybkich beta2. Nie bez znaczenia jest stabilizacja rytmów szybkich beta2 w obszarach skroniowych na lewej i prawej półkuli. Z reguły elektrody umieszcza się w okolicy centralnej (Cz, C3,C4), okolicy czołowej (Fz,F3,F4), i potylicznej (Pz,P3,P4) [60].

Jednym z najczęściej stosowanych protokołów treningowych jest trening SMR. Stwierdzono, iż zwiększenie aktywności rytmu SMR, odgrywa znaczącą rolę w zmniejszaniu objawów impulsywności, nadaktywności i poprawie uwagi i pamięci [46]. Największe zainteresowanie w badaniach, dotyczących ADHD budzą następujące zakresy częstotliwości: theta, alfa i beta, zarówno pojedynczo (na przykład bezwzględne lub względne moce alfa), jak i w stosunku do siebie nawzajem (na przykład stosunek beta/theta). W stanie spoczynku aktywność rytmu theta może odzwierciedlać uczucie senności lub "spowolnienie aktywności kory". Aktywność rytmu alfa zwykle obserwuje się w stanie spoczynku z zamkniętymi oczami, zwłaszcza w regionach tylnych, jest ona związana z ujemnym pobudzeniem centralnego systemu nerwowego. Aktywność rytmu beta, na ogół towarzyszy aktywności umysłowej i koncentracji uwagi. Wielkość wskaźnika theta/beta, mierzonego w okolicy ciemieniowej (Cz) podczas stanu spoczynku z oczami otwartymi lub zamkniętymi wykorzystuje się do diagnozowania i monitorowania ADHD, jednakże rzeczywiste funkcjonalne znaczenie tego wskaźnika pozostaje nieznane. Aktualne wyniki badań wskazują, że większość dzieci z ADHD wykazuje dość spójne różnice w badaniu EEG mózgu w porównaniu do zdrowych dzieci. Różnice te dotyczą w szczególności zwiększonej aktywności czołowo centralnej theta (4-7 Hz) przede wszystkim w stanie odpoczynku. Wskazuje to na zmniejszoną aktywność kory mózgowej, co może być związane z underarousal. Należy jednak

pamiętać, iż podwyższona aktywność fal theta może być niespecyficznym markerem dysfunkcji korowych wspólnych dla innych zaburzeń, takich jak epilepsja, zaburzenia dwubiegunowe, nadużywanie środków psychoaktywnych. Biorąc pod uwagę badania, dotyczące podwyższonej aktywności fal theta i ogólnego związku rytmu beta ze stanami nadmiernego pobudzenia, nie jest zaskakujące, że stosunek siły theta/beta (θ/β) w czasie stanu spoczynku (oczy otwarte lub zamknięte) w części czołowo centralnej może być wyższa wśród niektórych dzieci, młodzieży i dorosłych z ADHD. Wzrost aktywności zarówno w rytmie theta, jak i stosunku theta/beta u osób z ADHD to dwa najbardziej wiarygodne odkrycia z zakresu EEG. W badaniach, dotyczących aktywności rytmu alfa i beta u osób z ADHD zaobserwowano zmniejszoną aktywność w obu zakresach, szczególnie w regionach tylnych (w porównaniu z grupą kontrolną). W kilku niezależnych badaniach zidentyfikowano podgrupę dzieci z ADHD (10-15%), u których zaobserwowano zwiększoną (zamiast zmniejszoną) aktywność czołowego rytmu beta w porównaniu do grupy kontrolnej. Podgrupa ta posiada większe prawdopodobieństwo, by mieć zdiagnozowane ADHD typu kombinowanego, mieć niższy (choć nadal w normie) poziom IQ i wykazywać więcej zachowań przestępczych zarówno w porównaniu z grupą kontrolną, jak i innymi dziećmi z ADHD, wykazujących zmniejszoną aktywność w rytmie beta. W badaniach wykazano również brak istotnych różnic w aktywności rytmu alfa u dzieci z ADHD w porównaniu z rodzeństwem bez ADHD, natomiast u dorosłych z typem kombinowanym ADHD zaobserwowano znacznie zmniejszoną aktywność ogólną alfa, co sugeruje, że może być ona zróżnicowana ze względu na wiek, podtyp ADHD i potencjalne zaburzenia psychiatryczne [60]. W niniejszych badaniach zastosowano jednakowy protokół treningowy dla wszystkich dzieci. W miejscach F3 i C3 zastosowano protokół theta/beta, w miejscach Cz i C4 protokół theta/SMR i potwierdzono ich skuteczność w odniesieniu do wybranych wskaźników uwagi i pamięci.

Niektórzy naukowcy postulują, by podstawą konstruowania protokołów treningowych było dokładne badanie EEG i QEEG [5][7][50]. Oczywiście takie podejście ma pozytywne strony, jednakże wymagałoby dodatkowych specjalistycznych szkoleń i zaangażowania lekarza. W praktyce pedagogicznej nie wydaje się to być niezbędne. Na podstawie wiedzy o procesach poznawczych można skonstruować protokół treningowy. Inaczej sprawa wygląda w przypadku schorzeń neurologicznych, gdzie potrzebne jest trenowanie w wybranych częściach mózgu np. w przypadku epilepsji.

W autorskich badaniach porównano wyniki dwukrotnego przeprowadzenia testów (d2 i test Rey'a) u dzieci z grupy badanej z dziećmi z grupy kontrolnej. Nie odnotowano istotnej zmiany wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w grupie kontrolnej. Potwierdzono zatem, iż uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback pozytywnie wpływa na poprawę koncentracji uwagi i pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD.

W badaniach klinicznych coraz częściej wymaga się wykluczenia wpływu innych czynników zakłócających, dlatego też stosuje się grupę kontrolną z zastosowaniem **placebo**. Znaczącą rolę w placebo odgrywa warunkowanie i oczekiwanie uzyskania znaczącej poprawy; nie bez znaczenia jest również osobnicza podatność na placebo [27]. Oczywistym jest fakt stosowania placebo w medycynie, celem porównania skuteczności farmaceutyków, ale czy równie oczywistym jest fakt stosowania placebo w terapii psychologicznej i psychoterapii? Według części naukowców jest to kwestia dyskusyjna, gdyż techniki psychoterapeutyczne i efekt placebo oparte są na tych samych zasadach [18]. Terapia EEG-Biofeedback nie jest typową psychoterapią. Warto jednak podkreślić, iż dużą rolę odgrywa w niej postawa terapeuty oraz motywacja do treningu połączona z zasobami trenującego. Siedzenie w fotelu i patrzenie w ekran podczas treningu w oczekiwaniu, że nastąpi jakakolwiek zmiana, jest z góry skazane na porażkę. Trening EEG-Biofeedback polega na nabywaniu przez osobę wiedzy o zmianach określonych parametrów ciała i wpływania na nie. Przeprowadzanie badań kontrolnych z placebo w przypadku treningu neurofeedback wydaje się być niezasadne z uwagi na jego istotę [47][59]. Ponadto w neuroterapii aktywną rolę odgrywa terapeuta, co powoduje problemy z zaślepieniem badania [47]. W odniesieniu do treningu neurofeedback warunek placebo musi być obojętny, czyli taki który nie powoduje wymiernego efektu fizjologicznego. Biorąc pod uwagę powyższe, powinno to zostać ocenione przez analizę wskaźników EEG podczas sesji w stanie placebo [102].

Niektórzy naukowcy kwestionują skuteczność terapii EEG-Biofeedback. Wskazują między innymi zły dobór uczestników do grup badanych oraz brak odpowiedniej standaryzacji procedur badawczych. Zarzuty dotyczą również braku grupy kontrolnej, czy to grupy poddanej terapii placebo, czy innej alternatywnej terapii [88]. Próbę standaryzacji procedur badawczych w terapii neurofeedback u dzieci z ADHD można znaleźć w artykule M. Holtmann i wsp. (2014), w którym przedstawiono projekt i protokół kontrolowanego losowego badania (RCT). Autorzy zaproponowali

między innymi szczegółowe kryteria włączenia i wyłączenia do terapii, określoną procedurę badawczą oraz wykorzystanie określonych testów neuropsychologicznych [32].

Badania nad skutecznością treningu neurofeedback z wykorzystaniem grupy placebo (m.in. M. A. Vollebregt i wsp. 2014, M. Lansbergen i wsp. 2011) wykazały, iż trening ten nie jest skuteczniejszy od placebo. Należy jednak zauważyć, iż eksperymenty te posiadały pewne ograniczenia, po pierwsze wynikające z samego zastosowania placebo [59], po drugie z zastosowanych metod i przebiegu treningu [101].

Autorzy badania M. A. Vollebregt i wsp. (2014) [101] włączyli do badania dzieci z dodatkowymi zaburzeniami, takimi jak zaburzenia opozycyjno buntownicze czy zaburzenia lękowe i dzieci z niższym poziomem IQ w skali FSIQ. Wiadomo bowiem, iż iloraz inteligencji jest jednym z kluczowych czynników, wpływających na skuteczność terapii neurofeedback. Wyniki badań poszczególnych dzieci należałoby rozpatrywać osobno. Autorzy badania podali, iż uczestnicy nie wiedzieli w jakiej terapii uczestniczą, czy w „prawdziwej” czy w placebo, natomiast terapeuta wiedział, z którą grupą pracuje i być może nieświadomie wpływał na zachowanie uczestników. Późniejsza analiza danych EEG wykazała, iż nie wszystkie cele/warunki treningu zostały przez dzieci osiągnięte, a tylko spełnienie wszystkich warunków prowadzi do oceny efektywności. Ponadto uczestnicy treningu oglądali przez 20 min film, co na pewno wiązało się z jednej strony z większym znużeniem, z drugiej strony zaś ze zwiększonym ładunkiem emocjonalnym. Uważa się, iż najlepsze do treningu są gry proste, gdzie nie ma za dużo akcji i scen, wywołujących nadmierne emocje. Podczas treningów neurofeedback, wzmocnienie (feedback) został ustawiony na 80%, przy spełnieniu określonych warunków. Jak podali sami autorzy, 80% ustawienie progu nie sprawdzało się w bardziej złożonych protokołach; warunki wzmocnienia zostały ustalone przez terapeuta.

Badania M. Lansbergen i wsp. (2011) [55], wykazały, iż efekty terapii neurofeedback nie są znacząco lepsze od terapii placebo. W trakcie terapii uczestnicy oglądali przez 20 min film, praktyka kliniczna pokazuje, że skuteczniejsze wydają się być krótkie i nieskomplikowane gry, podczas których dziecko powinno skupić swoją uwagę na jednym elemencie lub wizualizować sobie jakąś czynność. Drugim ograniczeniem wyników tych badań jest to, że pozytywny feedback, był ustawiony automatycznie, tzn. próg był automatycznie skorygowany w oparciu o dane EEG co 30 s, tak, że dziecko było „nagradzane” przez około 80% czasu. Próg winien być

ustawiany ręcznie, dostosowany do realnych wyników dziecka, jeśli dziecko nie jest dostatecznie skupione na grze, nie należy go nagradzać. Na początku terapii dziecko powinno być częściej nagradzane, celem wzbudzenia motywacji, później nagroda powinna być za wyniki w grze.

Kwestią dyskusyjną jest również, czy w trakcie treningu neurofeedback następuje bezwarunkowe uczenie się czy uczenie kontrolowane. H.Gevensleben i wsp. (2014) zaprezentował implikacje dla obu sposobów uczenia (dla osób z ADHD) [24].

Tabela 18. Porównanie przebiegu i oczekiwań w stosunku do treningu neurofeedback w zależności od rodzaju uczenia się

	Warunkowanie i „model naprawy”	Model nabywania umiejętności
Wskazania	Specyficzne neuropsychologiczne deficyty	Brak specyficznych deficytów
Mechanizm uczenia się	Automatyczny, nieświadomy	Kontrolowany, świadome nabywanie umiejętności
Znaczenie psychologicznych i społecznych czynników i cechy osobowości	Podatność na podstawowe mechanizmy uczenia się, bez zaangażowania wyższych procesów poznawczych	Efekt terapii zależy od kompetencji i motywacji podmiotu, dodatkowy wysiłek, aby przenieść nowe umiejętności do codziennego życia
Efekt terapii	Automatyczne zmiany w cechach EEG	Zmiany w stanie EEG, umiejętność samoregulacji, poprawa w neuropsychologicznym funkcjonowaniu
Instrukcje, nabycie umiejętności samoregulacji	Bierny trener, brak specjalnych instrukcji, bierne uczestnictwo	Aktywny coach, wsparcie w szukaniu optymalnych strategii rozwoju, aktywne uczestnictwo, wkładanie wysiłku w nabycie umiejętności
Generalizacja (uogólnienie)	Automatyczne przełożenie nabytych cech do życia codziennego (bez wsparcia i wysiłku)	Dodatkowy wysiłek, aby przenieść nowe umiejętności do codziennego życia okazuje się niezbędny w celu poprawy efektywności i wartości klinicznej.
Nastawienie-cel	Naprawa deficytów wykazanych w EEG i normalizacja zachowania	Terapia wielowymiarowa, zaangażowanie rodziców

Źródło: Opracowanie własne na podstawie H.Gevensleben, G.H.Moll, A.Rothenberger, H.Heinrich, *Neurofeedback In attention- Deficit/hyperactivitydisorder–different models,different ways of application*, Frontiers in Human Neuroscience, October 2014, Volume 8, Article 846: 1-10.

W modelu nabywania umiejętności zakłada się zarówno aktywną poznawczą jednostkę, jak i aktywnego terapeutę w roli coacha. Zmiany jakie następują w wyniku terapii neurofeedback nie są automatycznie przenoszone do życia codziennego, lecz wymagają dodatkowego wysiłku ze strony trenującego. Celem jest terapia wielowymiarowa. Całkowicie inne podejście do terapii neurofeedback prezentuje „model

naprawy”, gdzie uczenie się następuje automatycznie, bez zaangażowania wyższych procesów poznawczych. Rola terapeuty sprowadza się do wydania instrukcji; oczekuje się, że zmiany automatycznie przełożą się do życia codziennego. Ponadto, wskazaniem do terapii są ściśle określone deficyty neurologiczne, a celem jest „naprawa” dysfunkcji wykazanych w badaniu EEG. Projektując badanie z zastosowaniem techniki podwójnie ślepej próby, oczekuje się, iż efekty terapii nastąpią automatycznie, dlatego też w badaniach nad skutecznością treningu EEG-Biofeedback, w których zastosowano tą procedurę nie odnotowano skuteczności terapii neurofeedback. Autor niniejszej rozprawy, postuluje traktowanie treningu neurofeedback przez pryzmat „modelu nabywania umiejętności”.

Biorąc pod uwagę wyniki badań, dotyczące ADHD, a także wyniki badań własnych, proponuje się obligatoryjne stosowanie terapii EEG-Biofeedback jako terapii wspomagającej. W przypadku dzieci z nadpobudliwością układu nerwowego, psychoterapia czy socjoterapia jest jak najbardziej zasadna, natomiast nie niweluje ona problemów w nauce, wynikających z zaburzeń koncentracji uwagi. Poprawa właściwości uwagi powinna być punktem wyjścia do dalszych działań psychologiczno-pedagogicznych, gdyż usprawnienie tych funkcji na poziomie neuronalnym pozytywnie wpłynie na efekty innych terapii – poprawa koncentracji uwagi, przełoży się na szybsze tempo pracy, co z kolei wzbudzi większą motywację do wysiłku w nauce szkolnej.

Trzeba podkreślić, mimo, iż terapia EEG-Biofeedback jest stosowana w Polsce prawie od 15 lat, wykorzystanie jej w praktyce pedagogicznej jest niewielkie. Przykładowo, w mieście Elbląg sprzęt do terapii EEG-Biofeedback jest w dwóch ośrodkach szkolno-wychowawczych, a zatem jest dostępny tylko dla jej wychowanków oraz w dwóch szkołach podstawowych, posiadających klasy integracyjne. Ponad połowa szkolnych pedagogów nie wie na czym polega ta terapia, nie zna jej zalet ani zastosowania.

Autorskie badania posiadają pewne ograniczenia. Grupa badana nie była zbyt liczna. W przyszłych badaniach zasadne byłoby wykorzystanie szerszego spektrum narzędzi neuropsychologicznych. W niniejszych badaniach nie zbadano jak długo utrzymuje się efekt terapii neurofeedback; krótki czas trwania terapii wykluczył możliwość zbadania, czy nastąpiło zmniejszenie się ilości objawów ADHD u uczestniczących dzieci. Trzeba dodać, iż 15 treningów miało na celu udowodnić, iż wystarczy ich niewielka liczba by zapoczątkować pozytywne zmiany (wiąże się to również z obniżeniem kosztem leczenia). Pełna terapia to 30-60 sesji terapeutycznych.

Niektórzy zapewne zarzuciliby, iż w badaniach zastosowano jednolity protokół treningowy dla wszystkich uczestników i nie wykonanie badania QEEG, jednakże, jak wspomniano wcześniej celem niniejszych badań było zaprezentowanie i zaadaptowanie terapii neurofeedback na grunt poradni psychologiczno-pedagogicznych.

6. WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonego badania wykazały, iż uczestnictwo w treningu EEG-Biofeedback wpłynęło na poprawę wybranych funkcji poznawczych u dzieci z ADHD.

Wnioski płynące z dyskusji wyników badań są następujące:

1. W wyniku treningu EEG-Biofeedback poprawie uległy wybrane wskaźniki uwagi, w tym zdolność koncentracji uwagi oraz pamięć krótkotrwała.
2. Niewielka liczba treningów EEG-Biofeedback (15 sesji) jest w stanie poprawić wybrane właściwości uwagi i pamięć krótkotrwała.
3. Wielkość początkowego zaburzenia koncentracji uwagi u dziecka nie determinuje wielkości zmiany (efektu) terapii EEG-Biofeedback. Informacja ta świadczy o tym, że jest to metoda uniwersalna, skierowana do osób, które przejawiają poważne zaburzenia mechanizmów uwagi, jak i dla osób z mniejszymi zaburzeniami.
4. Terapia EEG-Biofeedback jest tak samo skuteczna w stosunku do dzieci, przejawiających ADHD typu mieszanego, jak i ADHD z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi.
5. Trening EEG-Biofeedback jest równie skuteczny w stosunku do osób praworęcznych, jak i leworęcznych.
6. Zaburzenia współwystępujące z ADHD, takie jak m.in. dysleksja i ODD nie powodują mniejszej skuteczności terapii neurofeedback.
7. Uczestnictwo w terapii EEG-Biofeedback statystycznie istotnie w większym stopniu poprawia wybrane wskaźniki uwagi w grupie dzieci, gdzie nie stosowane były leki. Oznacza to, iż terapia neurofeedback może być niekiedy alternatywą dla przyjmowania środków farmakologicznych przez dzieci (decyzję o tym winien podjąć lekarz)
8. Trening EEG-Biofeedback może być skuteczną metodą wspomagającą inne terapie dla dzieci z ADHD. Proces terapeutyczny dzieci dotkniętych tym syndromem, obejmuje wiele działań, a trening neurofeedback winien być jednym z nich
9. Porównywanie efektów terapii neurofeedback z efektami grupy placebo jest kwestią dyskusyjną, zatem należy ostrożnie analizować wyniki badań z użyciem tej techniki eksperymentalnej.

10. W przyszłych badaniach nad skutecznością treningu neurofeedback zasadne byłoby zastosowanie większej ilości narzędzi badawczych.

7. STRESZCZENIE

Zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder- ADHD*) jest jednym z najczęstszych zaburzeń, diagnozowanych w psychiatrii dziecięcej. Objawia się zaburzeniami koncentracji uwagi, nadmierną impulsywnością i nadruchliwością. Uważa się, że ADHD występuje u 3-10% populacji ogólnej i u 4-8% dzieci w wieku wczesnoszkolnym (6–9 lat), głównie u chłopców, niezależnie od rasy i kultury. Jedną z niedocenionych metod wspomagających leczenie dzieci z ADHD jest trening EEG-Biofeedback (neurofeedback), który służy do optymalizacji funkcji mózgu, przede wszystkim funkcji poznawczych.

Celem pracy była ocena skuteczności treningu EEG-Biofeedback, jako metody, wpływającej na poprawę wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej u dzieci z ADHD. Postawiono hipotezę, iż trening EEG-Biofeedback wpływa na poprawę wybranych wskaźników uwagi oraz poprawia pamięć krótkotrwałą u dzieci z ADHD.

W badaniu wzięło udział 45 dzieci z ADHD w wieku 11;6-12;9, z czego 30 osób stanowiło grupę badaną a 15 osób grupę kontrolną. Kryterium włączenia do badań było posiadanie dokumentu, stwierdzającego posiadanie zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi. Grupa badana została poddana 15 treningom EEG-Biofeedback, 2 x w tygodniu. Grupa kontrolna nie uczestniczyła w żadnej terapii psychologicznej, przeznaczonej dla dzieci z ADHD. Celem sprawdzenia skuteczności treningu neurofeedback posłużono się testem do badania wskaźników uwagi- d2 Rolfa Brickenkampa oraz testem 15 Słów Reya (RAVLT), badającym przede wszystkim aspekty pamięci krótkotrwałej.

W wyniku badań wykazano, iż trening EEG-Biofeedback poprawia wybrane właściwości uwagi (przede wszystkim zdolność koncentracji) oraz pamięć krótkotrwałą. Udowodniono, iż stopień początkowych zaburzeń uwagi u dzieci z ADHD, mierzony najważniejszymi wskaźnikami nie wpływa istotnie na wielkość ich zmiany na wskutek uczestnictwa w treningu EEG-Biofeedback. Ponadto, zdolność koncentracji uwagi (ZK) istotnie statystycznie poprawiła się w grupie dzieci, gdzie nie stosowane były leki. Potwierdzono również, iż płeć, ręczność, typ ADHD oraz występowanie takich zaburzeń, jak dysleksja i ODD statystycznie istotnie nie wpływają na stopień poprawy wybranych wskaźników uwagi oraz pamięci krótkotrwałej u dzieci, które odbyły trening EEG-Biofeedback. Analiza statystyczna wyników badań wykazała, iż w grupie

kontrolnej nie nastąpiły żadne istotne statystycznie zmiany, z wyjątkiem pogorszenia się wskaźnika SR (liczba powtórzeń w 5 próbach).

Podstawowym wnioskiem niniejszych badań jest stwierdzenie, iż trening EEG-Biofeedback wpłynął na poprawę wybranych funkcji poznawczych u dzieci z ADHD i winien być stałym elementem kompleksowej terapii dzieci z tym zaburzeniem.

ABSTRACT

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is one of the most frequent disorders diagnosed in child psychiatry. It manifests itself by attention focus disorders, under-controlled impulsive behaviour and hyperactivity. ADHD symptoms are said to appear in 3 to 10% of general population and in 4 to 8% of children at early school age (6–9 years old), mainly boys, irrespectively of race and culture. EEG-Biofeedback (neurofeedback) training, intended for brain functions' optimisation, cognitive brain functions in particular, is one of underestimated supporting therapy methods of children with ADHD.

The thesis aimed at the evaluation of EEG-Biofeedback training as a method improving some of attention properties and short-term memory in children with ADHD. The hypothesis is that EEG-Biofeedback training improves some of attention properties and improves short-term memory in children with ADHD.

The test was carried out on a group of 45 children with ADHD at the age of 11; 6-12; 9; 30 of which were referred to a tested group and the remaining 15 children were assigned to a reference group. Only children with valid certificate proving that they suffer from were eligible for participation in the test. The examined group was subject to 15 sessions of EEG-Biofeedback trainings, twice a week. The reference group was not subject to any psychological therapy for children with ADHD. In order to check the effectiveness of the neurofeedback training, the 2d test of attention by Rolf Brickenkamp was used as well as the Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT), used mainly for the short-term memory testing.

The test results confirmed that the EEG-Biofeedback training improves the selected attention properties (mainly the ability to focus) and short-term memory in children with ADHD. It was proven that the degree of initial attention disorders suffered by children with ADHD, measured with the most important indications, has no significant influence on the degree of change resulting from the participation in the EEG-Biofeedback training. Moreover, the ability to focus attention improved to a statistically significant degree in a group of children which was not treated with any medications. It was also confirmed that sex, hand orientation and ADHD type, as well as the disorders like dyslexia and oppositional defiant disorder (ODD) do not affect the improvement degree of the selected attention properties and short-term memory of children who participated in the EEG-Biofeedback training sessions to a statistically

significant degree. Statistical analysis of test results proved that in the reference group no significant changes occurred, except for deterioration of SR ratio (number of repetitions in 5 trials).

The most important conclusion drawn from the tests is that the EEG-Biofeedback training improved the selected cognitive functions of children with ADHD and it shall become a permanent element of comprehensive therapy of children suffering from ADHD.

8. PIŚMIENNICTWO

1. Ahmadlou M., Rostami R., Sadeghi V., *Which attention-deficit/hyperactivity disorder children will be improved through neurofeedback therapy? A graph theoretical approach to neocortex neuronal network of ADHD*, Neuroscience Letters 516 (2012) 156–160
2. Anastopoulos A.D., Harley S.E.: *Program treningu poznawczo-behawioralnego dla rodziców dzieci z zespołem nadpobudliwości ruchowej z zaburzeniami koncentracji uwagi*. [w:] Psychoterapia dzieci i młodzieży. Metody oparte na dowodach. Kazein A.E., Weisz J.R. (red.), WUJ, Kraków 2006; 210–228.
3. Angold A., Costello E., Erkanli A., *Comorbidity*. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 1999 (40), s.57-87.
4. Arnold L.E., Lofthouse N., Hersch S., Pan X., Hurt E., Bates B., Kassouf K., Moone S., Grantier C., *EEG Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Double-Blind Sham-Controlled Randomized Pilot Feasibility Trial*, Journal Attention Disorders 2013 July ; 17(5): 410–419.
5. Arns M., Drinkenburg W., Kenemans J.L., *The Effects of QEEG-Informed Neurofeedback in ADHD: An Open-Label Pilot Study*, Appl Psychophysiol Biofeedback (2012) 37:171–180
6. Arns M., de Ridder S., Strehl U., Breteler M., Coenen A., *Efficacy of Neurofeedback Treatment in ADHD. The Effects in Inattention, Impulsivity and Hyperactivity: a Meta-Analysis*, Clinical EEG and Neuroscience, Volume.40, Number 3, July 2009, s.180-188.
7. Arns M., Feddema I., Kenemans J.L., *Differential effects of theta/beta and SMR neurofeedback in ADHD on sleep onset latency*, Frontiers in Human Neuroscience, Dec 2014, Vol 8, Article 1019

8. Borkowska A.R., *Procesy uwagi i hamowania reakcji u dzieci z ADHD z perspektywy rozwojowej neuropsychologii klinicznej*, UMCS, Lublin 2008, s. 69-70.
9. Blakmore S.J., Frith U., *Jak uczy się mózg*, Wyd. Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2008, s. 132-1347.
10. Bragdon A., Gamon D., *Kiedy mózg pracuje inaczej*, GWP, Gdańsk 2003, s.11-19.
11. Breteler M.H.M., Arns M., Peters S., Giepmans I., Verhoeven L., *Improvements in Spelling after QEEG-based Neurofeedback in Dyslexia: A Randomized Controlled Treatment Study*, *Appl Psychophysiol Biofeedback* (2010) 35:5–11
12. Brickenkamp R., *Test d2. Test badania uwagi*, ERDA, Warszawa 2003
13. Chlewiński Z., Sankała A., Jagodzińska M., Mazurek B., *Psychologia pamięci*, Wyd. Wiedza Powszechna, Warszawa 1997, s. 137, 144.
14. Choynowski M., Kostro B., *Podręcznik do testu 15 słów Andre Reya*, Instytut Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego
15. Chrzanowska B., Święcicka J., *Oswoić ADHD. Przewodnik dla rodziców, nauczycieli dzieci nadpobudliwych psychoruchowo*, Wyd. Diffin, Warszawa 2010
16. Cucu-Ciuhan G., *IQ Influences on The Outcome of Experiential Psychotherapy for ADHD Children*, *Procedia-Social and Behavioral Science* 159 (2014), s.47-51.
17. Devinski O., Padaczka, *Clinical Symposia*, V.36, Number 1, 1994, s. 2.
18. Dolińska B., *Placebo. Siła sugestii*, *Przegląd Psychologiczny*, 199, Tom 42, nr 1-2, s. 241-257.
19. Flisiak-Antonijczuk H., Adamowska S., Chłodzińska-Kiejna S., Kalinowski R., Adamowski T., *Metoda EEG-Biofeedback w terapii pacjentów z rozpoznaniem ADHD-przegląd badań*, *Pediatr Med. Rodz*, 10 (1), s.91-96.

20. Friel P.N., *EEG-Biofeedback In the Treatment of Attention Deficyt/Hyperactivity Disorder*, *Alternative Medicine Review*, Vol.12, Number 2 2007, 146-151.
21. Fuchs T., Birbaumer N., Lutzenberger W., Gruzelier J.H., Kaiser J., *Neurofeedback Treatment for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children: A Comparison With Methylphenidate*, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 28, No. 1, March 2003, s.1-12.
22. Gevensleben H., Holl B., Albrecht B., Schlamp D., Kratz O., Studer P., Rothenberger A., Moll G.H., Heinrich H., *Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial*, *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2009 Jul; 50 (7):780-9.
23. Gevensleben H., Holl B., Albrecht B., Schlamp D., Kratz O., Studer P., Rothenberger A., Moll G.H., Heinrich H., *Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial*, *Eur Child Adolesc Psychiatry* (2010) 19:715–72
24. Gevensleben H., Moll G.H., Rothenberger A., Heinrich H., *Neurofeedback in attention-deficit/hyperactivity disorder – different models, different ways of application*, *Frontiers in Human Neuroscience*, October 2014, Volume 8, Article 846: 1-10.
25. Gomez R., Gomez R.M., Winther J., Vance A., *Latent Profile Analysis of Working Memory Performance in a Sample of Children with ADHD*, *J Abnorm Child Psychol* (2014) 42:1367–1379
26. Gordzelewska B., *Kinezylogia edukacyjna jako wsparcie dla uczniów o specjalnych potrzebach edukacyjnych* [w:] Skorek E.M. (red.) *Terapia pedagogiczna*, T.II, Oficyna Wydawnicza Impuls, Kraków 2004, s. 28-29.
27. Grabowski J., Bidzan L., *Wykładniki neurobiologiczne efektu placebo*, *Psychiatria Polska* 2010, tom XLIV, numer 2, s.221-234.

28. Hallowell E.M., Ratey J.J. *Jak żyć z ADHD*, Wydawnictwo Rodzina, 2005, Poznań, s.25-26, 159-163,
29. Hallowell E.M., Ratey J.J., *W świecie ADHD*, Media Rodzina, Poznań 2004, s. 277-279.
30. Hebb D.O., *Podręcznik psychologii*, PWN, Warszawa 1969, s.288.
31. Hirshberg L.M., *Place of electroencephalographic biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder*, Expert Rev.Neurotherapeutics 7 (4), 315-319 (2007) http://www.eeginfo.com/research/articles/Hirshberg_ADHD.pdf, [dostęp:18.07.2015]
32. Holtmann M., Pniewski B., Wachtlin D., Wörz S., Strehl U., *Neurofeedback in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) – a controlled multicenter study of a non-harmacological treatment approach*, BMC Pediatrics 2014, 14:202
33. ICD-9 PL (wersja 5.22), <http://www.icd9.pl/dzial16/rozdzial94/podrozdzial94.3/>, [dostęp: 10.08.2015]
34. Jachnis A., *Psychologia konsumenta. Psychologiczne i socjologiczne uwarunkowania zachowań konsumenckich*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz-Warszawa 2007, s. 47.
35. Jagodzińska M., *Rozwój pamięci w dzieciństwie*, GWP, Gdańsk 2003, s. 63-64.
36. Jerzmanowski A., *Układ nerwowy i dokrewny regulują i kontrolują czynności organizmu*, [w:] Jerzmanowski A. (red.) *Biologia*, WSiP, Warszawa 2002, s.114-115.
37. Kamiński J., Brzezicka A., Wróbel A., *Aktywność EEG w paśmie alfa podczas wykonywania zadań angażujących uwagę wzrokową*, Przegląd Psychologiczny, 2008, Tom 51, Nr 2, s.135-148.

38. Kądziała-Olech H., Piotrowska-Jastrzębska J.: *Zespół nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD) u dzieci–rola psychoedukacji*. *Psychiatria i Psychologia Kliniczna* 2003; 4: 240–251.
39. Kiryluk B., Waś A., Otapowicz D., Sendrowski K., *Czy możemy pomóc dziecku nadpobudliwemu? Sposoby leczenia ADHD*, *Neurologia dziecięca*, Vo 1. 20 / 2011, nr 41
40. Klimesch W., *EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis*, *Brain Research Reviews* 29 (1999), s. 169-195.
41. Kołakowski A., Wolańczyk T., Pisula A., Skotnicka M., Bryńska A., *ADHD – zespół nadpobudliwości psychoruchowej* GWP, Gdańsk 2007, s. 75-78, s.33, s.27,119-127
42. Kołakowski A., *EEG-Biofeedback a kompleksowe leczenie ADHD*, *Psychiatria i Psychologia Kliniczna* 2012, 12 (1), s.40-51.
43. Konopacki J., Kowalczyk T., Gołębiowski H., *Rytm theta w strukturze hipokampa In vitro: rola synaps elektrycznych*, *SEN*, Nr 2 (2004), Tom 4, Wydawnictwo Medyczne Via Medica, s. 41-48.
44. Kornacka-Skwara E., Skwara A., *Zastosowanie mechanizmu biologicznego sprzężenia zwrotnego w procesie kształtowania umiejętności*, *Prace Naukowe Akademii im.jana Długosza w Częstochowie*, 2012, t. XXI, s.253-
45. Kossut M., *Plastyczność dorosłej kory mózgowej*[w:] Kossut M. (red), *Mechanizmy plastyczności mózgu*, PWN, Warszawa 1994, s.65-81.
46. Kostulski A., Jasek A., Gmitrowicz A., *Biofeedback EEG w praktyce lekarza psychiatry*, *Wiadomości Psychiatryczne*, 14 (4), s. 231-236.

47. Kubik A., Biedroń A., *Terapia neurofeedback u pacjentów z napadowymi i przewlekłymi zespołami bólowymi-przegląd piśmiennictwa i doświadczenia własne*, Przegląd Lekarski 2013, 70 (7), s.440-442.
48. Kubik A., *Neurofeedback a rozwój człowieka*, Przegląd Lekarski 2010, 67 (9), s.716-720.
49. Kubik A., Kaciński M., *Terapia neurofeedback u pacjentów z nie bólowymi zespołami o charakterze przewlekłym i napadowym-przegląd piśmiennictwa i doświadczenia własne*, Przegląd Lekarski 2013, 70 (11), s.973-975.
50. Kubik A., Kubik P., *Wpływ terapii neurofeedback na zapis EEG u dzieci z zespołem ADHD*, Przegląd Lekarski 2001/68/11, s. 1092-1097.
51. Kurcz I., *Pamięć, uczenie się, język*, [w:] Tomaszewski T. (red.) *Psychologia ogólna*, PWN, Warszawa 1995, s. 269-290.
52. Kutscher M.L., Attwood T., Wolff R.R., *Dzieci z zaburzeniami łączonymi*, Wyd. K.E. Liber, Warszawa 2007, s.74-211.
53. Kwolek A., Podgórska J., Rykała J., Leszczak J., *Zastosowanie biofeedbacku w rehabilitacji neurologicznej*, Przegląd Medyczny uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie, Rzeszów 2013, 3, s.979-388.
54. Lansbergen M., Arns M., van Dongen-Boomsma M., Spronk D., Buitelaar J.K., *The increase in theta/beta ratio on resting-state EEG in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder is mediated by slow alpha peak frequency*, Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry 35 (2011) 47–52.
55. Lansbergen M.M., van Dongen-Boomsma M., Buitelaar J.K., Slaats-Willemse D., *ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study*, J Neural Transm (2011) 118:275–284.
56. Lefrancois G.R., *Theories of Human Learning*, 6 Edition, s.151.

57. Leszkowicz E., *Znaczenie czynnościowe ośrodkowych rytmów synchronicznych ze szczególnym uwzględnieniem rytmu theta*, SEN, Nr 1 (2007), Tom 7, s.25-34.
58. Lipowska M., *Dysleksja i ADHD współwystępujące zaburzenia rozwoju. Neuropsychologiczna analiza deficytów pamięci*, Wyd.Naukowe Scholar, Warszawa 2011, s.106, 109
59. Logemann H.N, Lansbergen M.M, Van Os T.W, Bocker K.B, Kenemans J.L., *The effectiveness of EEG-feedback on attention, impulsivity and EEG: a sham feedback controlled study*. Neurosci Lett 2010;479:49-53.
60. Loo S.K., Makeig S., *Clinical Utility of EEG in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Research Update*, Neurotherapeutics (2012) 9:569–587.
61. Lubar J.F., *Discourse on the Development of EEG Diagnostics and Biofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorders*, Biofeedback and Self-Regulation, Vol. 16, No. 3, 1991, 201-225.
62. Majkowski J., *EEG zdrowego człowieka* [w:] *Elektroencefalografia kliniczna*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1989, s. 64-70, 315-316
63. Maruszewski T., *Psychologia poznania*, GWP, Gdańsk 2001, s.84.
64. Mazurek J., Flisiak-Antonijczuk H., Małyszczak K., *Zastosowanie metody EEG-biofeedback w terapii zaburzenia hiperkinetycznego z deficytem uwagi-wyniki badania pilotowego*, Psychiatria I Psychologia kliniczna, Vol 3, numer 2, s. 100-105.
65. Meisel V., Servera M., Garcia-Banda G., Cardo E., Moreno I., *Reprint of "Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: A randomized controlled trial with six-month follow-up"*, Biological Psychology 95 (2014), s.116-125.

66. Messerotti Benvenuti S., Buodo G., Leone V., Palomba D., *Neurofeedback Training for Tourette Syndrome: An Uncontrolled Single Case Study*, Appl Psychophysiol Biofeedback (2011) 36:281-288.
67. Monastra V.J., *Electroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: rationale and empirical foundation*, Child Adolesc Psychiatric Clin N Am, 14 (2005) 55– 82.
68. Monastra V.J., Monastra D.M., George S., *The Effects of Stimulant Therapy, EEG Biofeedback, and Parenting Style on the Primary Symptoms of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder*, Applied Psychophysiology and Biofeedback, Vol. 27, No. 4, December 2002
69. Mosanezhad-Jeddi M., Nazari M.A., *Effectiveness of EEG-Biofeedback on Attentionness, Working Memory and Quantitative Electroencephalography on Reading Disorder*, Iran J Psychiatry Behav Sci, Volume 7, Number 2, Autumn / Winter 2013: 35-43.
70. Namysłowska I., Wolańczyk T., *Stanowisko konsultanta krajowego w dziedzinie psychiatrii dzieci i młodzieży oraz konsultanta wojewódzkiego (województwo mazowieckie) dotyczące kompleksowego (obejmującego psychoterapię) leczenia zespołu nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD) i zaburzenia hiperkinetycznego*, Psychiatria i psychologia Kliniczna 2010, 10 (1), s.59-60.
71. Nazari M.A., Querne L., De Broca A., Berquin P., *Effectiveness of EEG Biofeedback as Compared with Methylphenidate in the Treatment of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Clinical Outcome Study*, Neuroscience & Medicine, 2011, 2, 78-86
72. Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B., *Psychologia poznawcza*, PWN, Warszawa 2006, s.178-186.

73. Niewiadomska G., *Udział struktur mózgowych w procesach uczenia się i pamięci*, [w:] Kossut M. (red), *Mechanizmy plastyczności mózgu*, PWN, Warszawa 1994, s.89-91
74. Ogrim G., Hestad K.A., *Effects of Neurofeedback Versus Stimulant Medication in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Randomized Pilot Study*, *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, Volume 23, Number 7, 2013:448-457.
75. Okupińska A., Krzywowiąza A., *Biofeedback jako efektywna metoda w terapii deficytów poznawczych w ujęciu teorii umysłu*, *Neurokognitywistyka w patologii i zdrowiu*, 2011-2013, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, s. 195-202.
76. Orylska A., Racicka E., *Zastosowanie badań okulograficznych w diagnozowaniu ADHD u dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym*, *Studia Psychologiczne*, t.52 (2014), z.2, s.5-17.
77. Pakszys M., *Kompendium wiedzy dla neuropsychoterapeutów EEG-Biofeedback*, Materiały szkoleniowe EEG Instytutu, Warszawa 2010
78. Pakszys M., *Neurotechnologia i neurofizjologia*, Materiały szkoleniowe EEG Instytutu, Warszawa 2010.
79. Pakszys M., *Teoria i praktyka EEG-Biofeedback*, Materiały szkoleniowe EEG Instytutu, Warszawa 2010.
80. Pąchalska M., *Proces uwagi i jego zaburzenia u pacjentów po urazach czaszkowo-mózgowych* [w:] Jodzio K., *Neuronalny świat umysłu*, Impuls, Kraków 2005, s.113, 135
81. Pecyna M.B., *Psychologia kliniczna*, Wyd.Akademickie Żak, Warszawa 1999, s. 320.
82. Pecyna M.B., *Instrumentalizacja badań psychologicznych techniką CapScan EEG/EMG*, Wyd.Akademickie Żak, s.18.

83. Pietrzak B., Tęšiorowska E., *ADHD- patogeneza i możliwości terapii*, Farmakologia Polska, 2013, 69 (8):480-484.
84. Podgórska J., Kwolek A., *Znaczenie postępowania terapeutycznego u dziecka z ADHD*, Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2009, 4, 367-374.
85. Posner M.I., Petersen S.E., *The attention system of the human brain*, Annu Rev. Neurosci.1990.13:25-42
86. Sandler A.D, Bodfish J.W (2008) *Open-label use of placebos in the treatment of ADHD: a pilot study*. Child Care Health Dev 34:104–110.
87. Sęk H. (red.), *Psychologia kliniczna*, PWN, Warszawa 2005, s.75, 108
88. Schoenberg P.L.A., David A.S., *Biofeedback for Psychiatric Disorders: A Systematic Review*, Appl Psychophysiol Biofeedback 2014, 39:109-135.
89. Słopeń A., Dmitrzak-Węglarz M., Robakowski F., Rajewski A., Hauser J., *Udział czynników genetycznych w etiologii ADHD. Badania populacyjne, geny układu amin katecholowych*, Psychiatria Polska, 2006, tom XL, numer 1, s.19-31.
90. Słopeń A., Dmitrzak-Węglarz M., Robakowski F., Rajewski A., Hauser J., *Udział czynników genetycznych w etiologii ADHD. Geny układu serotonergicznego, pozostałe geny kandydujące, endofenotyp*, Psychiatria Polska 2006, tom XL, numer 1, s.33-42.
91. Spitzer M., *Jak uczy się mózg*, PWN, Warszawa 2007, s. 37
92. Steiner N.J., Frenette E.C., Rene K.M., Brennan R.T., Perrin E.C., *In-School Neurofeedback Training for ADHD: Sustained Improvements From a Randomized Control Trial*, Pediatrics, Volume 133, Number 3, March 2014, s.483-492.

93. Sterman B., *Biofeedback in the treatment of epilepsy*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20622079>, [dostęp:21.10.2011]
94. Strelau J. (red.) *Psychologia. Podręcznik akademicki*. Tom 1, GWP, Gdańsk 2000, s.141-142,145.
95. Strelau J. (red.), *Psychologia. Podręcznik akademicki*. Tom II, GWP, Gdańsk 2004, s. 151.
96. Summerfield Ch., Mangels J., *Coherent theta-band EEG activity predicts item-context binding during encoding*, *NeuroImage* 24 (2005), s.692-703.
97. Szewczuk-Bogusławska M., Flisiak-Antonijczuk H., *Czy zmiana kryteriów diagnostycznych ułatwi rozpoznanie ADHD u dorosłych?*, *Psychiatria Polska*, 2013, tom XLVII, numer 2, s.293-302.
98. Thompson L., Thompson M., Reid A., *Neurofeedback Outcomes in Clients with Asperger's Syndrome*, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, March 2010, Volume 35, Issue 1, pp 63-81.
99. Traczyk W., *Rola neuromediatorów i neuromodulatorów w powstawaniu czynności bioelektrycznej mózgu* [w:] Majkowski J. (red.) *Elektroencefalografia kliniczna*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1989, s.31-32.
100. Vernon D., Egner T., Cooper N., Compton T., Neilands C., Sherl A., Gruzelier J., *The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance*, *International Journal of Psychophysiology* 47 (2003), s.75-85.
101. Vollebregt M.A., van Dongen-Boomsma M., Buitelaar J.K., Slaats-Willemse D., *Does EEG-neurofeedback improve neurocognitive functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder? A systematic review and a double-blind placebo-controlled study*, *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 55:5 (2014), s. 460–472.

102. Vollebregt M.A., van Dongen-Boomsma M., Slaats-Willemse D., Buitelaar J.K., *What future research should bring to help resolving the debate about the efficacy of EEG-neurofeedback in children with ADHD*, *Frontiers in Human Neuroscience*, May 2014, Volume 8, Article 321:1-6.
103. Walker J.E., Norman Ch.A., *The Neurophysiology of Dyslexia: A Selective Review with Implications for Neurofeedback Remediation and Results of Treatment in Twelve Consecutive Patients*, *Journal of Neurotherapy*, Vol. 10(1) 2006, s.45-55.
104. Wangler S., Gevensleben H., Albrecht B., Studer P., Rothenberger A., Moll G.H., Heinrich H., *Neurofeedback in children with ADHD: Specific event-related potential findings of a randomized controlled trial*, *Clinical Neurophysiology* 122 (2011) 942–950.
105. Weiss S., *Theta and gamma EEG synchronization associated with memory and language processes*
<http://ikw.uni-osnabrueck.de/cogsci/dirs/dynamic/posters/weiss.pdf>,
[dostęp:10.08.2015]
106. Weyhreter H., *Trudności z koncentracją uwagi*, PZWL, Warszawa 2004, s.9-10.
107. Wierzchoń M., Orzechowski J., *Nowe trendy w reklamie*, Wyd.SWPS Academica, Warszawa 2010, s.128
108. Włodarski Z. (red.), *Psychologia uczenia się*, Tom 1, PWN, Warszawa 1996, s.333-335, 341
109. Wróbel D., *Metoda Ruchu Rozwijającego*, [w:] Skorek E.M. (red.) *Terapia pedagogiczna*, T.II, Oficyna Wydawnicza Impuls, Kraków 2004, s. 22-24.
110. Wójcik K., *Neurobiologia rozwojowa i inwolucyjna plastyczności mózgu*, *Neurokognitywistyka w Patologii i Zdrowiu*, 2009-2011, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, s.162-170

111. Yucha C., Gilbert Ch., *Evidence-Based Practice in Biofeedback and Neurofeedback*, 2004, s. 1.
112. Historia EEG-Biofeedback, <http://www.biofeedback-lodz.pl/historia-eeg-biofeedback>, [dostęp: 10.08.2015]
113. http://sequoia.ict.pwr.wroc.pl/~witold/aiarr/2014_projekty/eeg/, [dostęp: 10.08.2015] (rozmieszczenie elektrod według systemu 10/20)
114. http://www.ptadhd.pl/adhd_lecz.html
[dostęp 18.08.2015]

9. SPIS TABEL

Tabela 1. Występowanie fal mózgowych prawidłowo i nieprawidłowo

Tabela 2. Zastosowanie treningu EEG-Biofeedback

Tabela 3. Kryteria włączenia do terapii EEG-Biofeedback

Tabela 4. Objasnienie skrótów zastosowanych w pracy

Tabela 5. Wyniki testu dla dwóch frakcji pomiędzy grupami dla wybranych charakterystyk

Tabela 6. Wyniki testów istotności różnic pomiędzy grupami dla wybranych zmiennych

Tabela 7. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu d2 przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej

Tabela 8. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu RAVLT przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej

Tabela 9. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona (rang Spermana)

Tabela 10. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona (rang Spermana)

Tabela 11. Testy istotności różnic pomiędzy dziećmi zażywającymi leki i niezażywającymi

Tabela 12. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do płci

Tabela 13. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do ręczności

Tabela 14. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do typu ADHD

Tabela 15. Wyniki porównania wybranych wskaźników uwagi i pamięci krótkotrwałej w odniesieniu do występowania dodatkowych zaburzeń

Tabela 16. Wyniki testów istotności różnic parametrów testu d2 dla grupy kontrolnej (pomiar początkowy i po ok. 6 tygodniach).

Tabela 17. Wyniki testów istotności różnic parametrów testu RAVLT dla grupy kontrolnej (pomiar początkowy i po ok. 6 tygodniach).

Tabela 18. Porównanie przebiegu i oczekiwań w stosunku do treningu neurofeedback w zależności od rodzaju uczenia się

10.SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Rozmieszczenie elektrod wg systemu 10-20, zalecanego przez Międzynarodową Federację Elektroencefalografii i neurofizjologii Klinicznej z 1958 roku

Rysunek 2. Model uczenia się EEG-Biofeedback

Rysunek 3. Przebieg treningu EEG-Biofeedback, rysunek ze zbiorów własnych

Rysunek 4. Przykładowe gry (animacje) podczas treningu, rysunek ze zbiorów własnych

Rysunek 5. Ekran terapeuty w trakcie treningu, rysunek ze zbiorów własnych

Rysunek 6. Ekran terapeuty (po lewej) i uczestnika treningu (po prawej) w tym samym czasie, rysunek ze zbiorów własnych

Rysunek 7. Przenośny system do neurofeedback (Nexus 4), rysunek z zbiorów własnych

Rysunek 8. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu d2 przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej

Rysunek 9. Wyniki testów istotności różnic wskaźników testu RAVLT przed i po treningu EEG-Biofeedback dla grupy badanej

Rysunek 10. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi WZ-B oraz dWZ-B

Rysunek 11. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi ZK oraz dZK

Rysunek 12. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi SC oraz dSC

Rysunek 13. Wykres rozrzutu pomiędzy zmiennymi SR oraz dSR

Rysunek 14. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej ZK w zależności od stosowania leków

Rysunek 15. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej WZ w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 16. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej ZK w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 17. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej B w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 18. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej B% w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 19. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej GP w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 20. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej WZ-B w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 21. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej Błd1 w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 22. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej Błd2 w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 23. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej Błd3 w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 24. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SC w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 25. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SR w grupie badanej i kontrolnej

Rysunek 26. Wykres ramka-wąsy dla zmiennej SF w grupie badanej i kontrolnej

11. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1

.....
Imię i nazwisko

Gdańsk, dn.....

.....
adres zamieszkania

OŚWIADCZENIE O ZGODZIE NA UDZIAŁ W BADANIU

Oświadczam, iż dobrowolnie wyrażam zgodę na udział mojego syna/mojej córki..... w projekcie badawczym, prowadzonym przez mgr Magdalenę Pinkowicką.

Celem badania jest wpływ treningu EEG-Biofeedback na wybrane właściwości uwagi i pamięć krótkotrwałą u dzieci, posiadających zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi. Uczestnicy zostaną poddani serii 15 treningów EEG-Biofeedback z częstotliwością 2x w tygodniu.

Nadmieniam, iż prowadzący badania mgr Magdalena Pinkowicka wyjaśniła mi dokładnie na czym polega terapia EEG-Biofeedback.

Wyrażam zgodę na przetwarzanie danych uzyskanych w trakcie badania (zgodnie z Ustawą z dn. 29.08.97 o ochronie danych osobowych, Dz.U. nr 133 Poz.883).

.....
Podpis badacza

.....
Podpis opiekuna/rodzica

Załącznik 2

KWESTIONARIUSZ USTRUKTURALIZOWANEGO WYWIADU DIAGNOSTYCZNEGO W KIERUNKU ZESPOŁU NADPOBUDLIWOŚCI PSYCHORUCHOWEJ WEDŁUG DSM IV

Imię i nazwisko dziecka			
Data badania		Ocenia okres	
Przyjmowane leki			

ZABURZENIA UWAGI

- dziecko nie jest w stanie utrzymać ciągłej i bliższej uwagi na szczegółach lub popełnia błędy nieuwagi w szkole, pracy lub innej działalności

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecku często nie udaje się utrzymać trwałej uwagi na zadaniach lub grach/zabawach

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- często wydaje się, że dziecko nie słyszy tego, co się do niego/niej mówi

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecko często nie jest w stanie wykonać następujących po sobie instrukcji lub skończyć pracy szkolnej, zadanej pracy lub obowiązków w miejscu pracy

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecko często ma trudności ze zorganizowaniem sobie pracy lub innych zajęć

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecko nie lubi, ociąga się lub unika zajęć wymagających dłuższego wysiłku umysłowego – jak nauka szkolna lub odrabianie zajęć domowych

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecko często gubi rzeczy niezbędne do pracy lub innych zajęć

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecko łatwo się rozprasza pod wpływem zewnętrznych bodźców,

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecku często zdarza się zapominać o różnych rzeczach w trakcie codziennych zajęć

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------

Liczba objawów		Liczba punktów objawowych	
----------------	--	---------------------------	--

NADRUCHLIWOŚĆ

- dziecko ma często nerwowe ruchy rąk lub stóp bądź nie jest w stanie usiedzieć w miejscu, często macha rękami lub nogami albo wierci się na krześle

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------
- dziecko wstaje z miejsca w czasie lekcji lub w innych sytuacjach wymagających spokojnego siedzenia

tak (3)	raczej tak (2)	chyba nie (1)	nie (0)
----------------	-----------------------	----------------------	----------------

3. dziecko często biega wkoło lub wchodzi na meble w sytuacjach, w których jest to nieaprobowane
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)
4. dziecko często jest nadmiernie hałaśliwe w zabawie i m trudności ze spokojnym bawieniem się
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)
5. dziecko często jest w ruchu, „biega jak nakręcone”. Zachowanie dziecka cechuje nadmierna aktywność ruchowa, na którą nie wpływa ani sytuacja ani potrzeba
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)

Liczba objawów		Liczba punktów objawowych	
----------------	--	---------------------------	--

IMPULSYWNOŚĆ

1. dziecko często wyrывa się z odpowiedzią, zanim zostanie zadane pytanie do końca
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)
2. dziecku często nie udaje się stać w szeregu lub poczekać na swoją kolej w grze lub sytuacji grupowej
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)
3. dziecko często przerywa lub przeszkadza innym
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)
4. dziecko często jest nadmiernie gadatliwe
tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)

Liczba objawów		Liczba punktów objawowych	
----------------	--	---------------------------	--

A. Niektóre upośledzające funkcjonowanie dziecka objawy zaburzeń koncentracji uwagi lub nadpobudliwości psychoruchowej ujawniły się przed 7 rokiem życia

tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)

B. Upośledzenie funkcjonowania dziecka spowodowane tymi objawami występuje w dwóch lub więcej środowiskach (np. w szkole i w domu)

tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)

C. Stwierdza się klinicznie istotne upośledzenie funkcjonowania społecznego, zawodowego lub szkolnego (w zakresie edukacji)

tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)

D. Objawy u dziecka nie występują w przebiegu trwałych zaburzeń rozwojowych, schizofrenii lub innych psychoz i nie można ich trafniej uznać za objawy innego zaburzenia psychicznego (np. zaburzeń nastroju, lękowych, dysocjacyjnych lub nieprawidłowej osobowości)

tak (3) raczej tak (2) chyba nie (1) nie (0)

Rozpoznanie według DSM: IV	
Rozpoznanie według ICD-10	

KWESTIONARIUSZ USTRUKTURALIZOWANEGO WYWIADU DIAGNOSTYCZNEGO W KIERUNKU ZESPOŁU NADPOBUDLIWOŚCI PSYCHORUCHOWEJ WEDŁUG DSM IV

Klucz kodowania odpowiedzi

Kwestionariusz bada nasilenie poszczególnych objawów, czyli sprawdza, czy dane rodzaje zachowań występują częściej niż u dzieci w tym samym wieku, tej samej płci, na tym samym poziomie rozwoju i zamieszkujących ten sam region (miasto, dzielnicę). występowanie danego zachowania na poziomie typowym dla innych osób tej samej płci, w tym samym wieku i o tym samym miejscu zamieszkania nie jest diagnostyczne i z definicji jest kodowane jako "nie (0)".

- **Nie (0)** – dany objaw nie występuje lub występuje rzadko. Częstość występowania można ocenić jako taką samą jak u innych dzieci tej samej płci, w tym samym wieku i na tym samym poziomie rozwoju, mieszkających w tym samym regionie (mieście, dzielnicy). Nie można stwierdzić upośledzenia funkcjonowania dziecka.
- **Chyba nie (1)** – dany objaw występuje czasami, ale częściej niż u innych dzieci. Objaw tylko sporadycznie wymaga nadzoru ze strony dorosłej osoby. Objaw nieznacznie tylko wpływa na funkcjonowanie dziecka i dla rodziców lub opiekunów jest bardziej zauważalnym zachowaniem niż problemem. Występowanie objawu powoduje jedynie niewielką różnicą w funkcjonowaniu w porównaniu z innymi dziećmi tej samej płci, w tym samym wieku i na tym samym poziomie rozwoju.
- **Raczej tak (2)** – dany objaw występuje często, czyli przez większość dni w tygodniu. Występowanie objawu powoduje upośledzenie w funkcjonowaniu, powoduje też konieczność okresowego nadzoru ze strony osób dorosłych. Ważne w kodowaniu takiego nasilenia objawu jest występowanie dni czy okresów w ciągu dnia, kiedy dziecko nie potrzebuje nadzoru (pomocy) ze strony dorosłej. Zauważalna jest różnica w funkcjonowaniu dziecka w porównaniu z rówieśnikami tej samej płci, w tym samym wieku i na tym samym poziomie rozwoju.
- **Tak (3)** – dany objaw występuje codziennie, praktycznie przez cały czas, nawet przy nieustannym nadzorze osoby dorosłej nad dzieckiem. Widoczne jest, że skuteczność stałego nadzoru jest ograniczona. występowanie objawu powoduje widoczne i znaczne pogorszenie funkcjonowania dziecka przynajmniej w dwóch środowiskach (np. w domu i w szkole). bardzo widoczna jest różnica w funkcjonowaniu dziecka w porównaniu z innymi dziećmi tej samej płci, w tym samym wieku i na tym samym poziomie rozwoju.

Nie (0)	=wcale lub rzadko, tak jak u innych dzieci
Chyba nie (1)	=objaw jest zauważalny, ale nie jest problemem
Raczej tak (2)	=stanowi problem od czasu do czasu. Są dni wolne od objawu
Tak (3)	=objaw jest problemem cały czas. Dorośli nie zawsze sobie z nim radzą

Sposób kodowania-objawy

Odpowiedzi „nie (0)” oraz „chyba nie (1)” kodujemy jako brak objawu

Odpowiedzi „raczej tak (2)” oraz „tak (3)” kodujemy jako obecność objawu

Rozpoznanie ADHD według DSM IV TR

Zaburzenia uwagi	Nadruchliwość+impulsywność	Rozpoznanie
6-9	0-5	ADHD, podtyp z przewagą zaburzeń koncentracji uwagi
0-5	6-9	ADHD, podtyp z przewagą nadruchości i impulsywności
6-9	6-9	ADHD, podtyp mieszany
0-5	0-5	Brak rozpoznania

Rozpoznanie zespołu hiperkinetycznego według ICD-10

Do postawienia rozpoznania zespołu hiperkinetycznego potrzebne jest minimum:

6 objawów zaburzeń uwagi

3 objawy nadruchości

1 objawu nadmiernej impulsywności

TABELA Z GRAMI