



Diagnostowanie ADHD z zastosowaniem QEEG i planowanie terapii EEG-biofeedback (neurofeedback) – badania pilotażowe

Diagnosing ADHD using QEEG and planning EEG-biofeedback (Neurofeedback) therapy – pilot studies

Marta Kopańska^{1,A,C-F}, Danuta Bogumiła Ochojska^{1,A,C-F}, Agnieszka Dejnawicz-Velitchkov^{2,B-C}

¹ Uniwersytet Rzeszowski, Polska

² ADEA LTD, Bułgaria

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Kopańska M, Ochojska DB, Dejnawicz-Velitchkov A. Diagnostowanie ADHD z zastosowaniem QEEG i planowanie terapii EEG-biofeedback (neurofeedback) – badania pilotażowe. Med Og Nauk Zdr. 2021; 27(2): 205–212. doi: 10.26444/monz/131993

Streszczenie

Wprowadzenie. Wśród przyczyn zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD) wymienia się głównie uwarunkowania biologiczne (genetyczne, biochemiczne oraz anatomiczne). Czynniki środowiskowe wpływają również w istotny sposób na funkcjonowanie jednostki, ale są w dużej mierze konsekwencją zdeterminowanych biologicznie specyficznych reakcji dziecka czy osoby dorosłej z ADHD. Zatem wczesne diagnostowanie dysfunkcji stanowi istotny warunek podjęcia właściwych oddziaływań, sprzyjających złagodzeniu określonych objawów i uniknięciu różnych konsekwencji związanych z deficytem uwagi i nadruchością. W diagnostowaniu niezbędne jest uwzględnienie obiektywnych i subiektywnych symptomów zaburzeń. Przydatne są tu również: wywiad, obserwacja, a także testy psychologiczne. Ze względu na trudności w diagnozie różnicowej związanej z różnego typu schorzeniami istotne są również badania natury biologicznej. Szczególnie pomocne w diagnostowaniu jest ilościowe badanie EEG, czyli QEEG.

Cel pracy. Analiza przydatności diagnostowania osób z ADHD metodą QEEG, która jest również podstawą do planowania wspomagającej terapii EEG-biofeedback.

Materiał i metoda. Badania mają charakter studiów przypadków. W pracy przedstawiono pogłębioną analizę wyników QEEG pięciorga losowo wybranych dzieci z ADHD.

Wyniki. Badanie dzieci z ADHD przy pomocy QEEG wskazuje na powtarzające się zależności, występowanie wysokich amplitud fal niskoczęstotliwościowych – delta, theta, alfa oraz niskie amplitudy fal wysokoczęstotliwościowych w porównaniu do niskoczęstotliwościowych. Stwierdzono natomiast zbliżone amplitudy fal wysokoczęstotliwościowych – SMR, beta 1 i beta 2 oraz niższe amplitudy fal beta 2 od alfa i theta.

Wnioski. Badanie QEEG jest bardzo pomocne w diagnostowaniu ADHD. Metoda ta dostarcza istotnych informacji w planowaniu terapii EEG-biofeedback i sprawdzaniu jej skuteczności.

Słowa kluczowe

ADHD, uwarunkowania, diagnostowanie, QEEG, Neurofeedback, EEG-biofeedback

Abstract

Introduction. Among the causes of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) are mentioned mainly biological conditions (genetic, biochemical and anatomical). Environmental factors also significantly affect the functioning of the individual, but are largely a consequence of the determined biologically specific reactions of a child or an adult with ADHD. Thus, early diagnosis of dysfunctions is an important precondition for undertaking appropriate actions to mitigate specific symptoms and avoid various consequences related to attention deficit and hyperactivity. In diagnosing, it is necessary to take into account the objective and subjective symptoms of disorders. Here, an interview, observation, and psychological tests are also useful. Due to the difficulties in differential diagnosis related to various types of diseases, biological research is also important. Quantitative EEG (QEEG) is particularly helpful in making a diagnosis.

Objective. The aim of the study was analysis of the usefulness of the QEEG method in diagnosing persons with ADHD, which is also the basis for planning supportive EEG biofeedback therapy.

Materials and method. The research presents a case study, which includes an in-depth analysis of the QEEG results concerning five randomly selected children with ADHD.

Results. The QEEG assessment of children with ADHD shows repeated dependencies, the presence of high amplitudes of low-frequency waves – Delta, Theta, Alpha, and low amplitudes of high-frequency waves, compared to low-frequency waves. However, similar amplitudes of high-frequency waves were found – SMR, Beta1 and Beta2, and lower amplitudes of Beta2 waves, compared to Alpha and Theta.

Conclusions. The QEEG test is very helpful in diagnosing ADHD. This method provides important information while planning EEG biofeedback therapy and checking its effectiveness.

Key words

ADHD, determinants, diagnosis, QEEG, neurofeedback, EEG-biofeedback

Adres do korespondencji: Danuta Bogumiła Ochojska, Uniwersytet Rzeszowski, Rejtana 16C, 35-959, Rzeszów, Polska
E-mail: dochojska@wp.pl

Nadesłano: 21.10.2020; zaakceptowano do publikacji: 28.12.2020; publikacja online: 11.02.2021

WPROWADZENIE

Problem nadpobudliwości psychoruchowej już od dawna stanowi przedmiot badań wielu naukowców. Zwiększająca się stale liczba dzieci z tą dysfunkcją wiąże się z koniecznością właściwego diagnozowania, a także podejmowania adekwatnych oddziaływań terapeutycznych. Z jednej strony badania potwierdzają istotny wpływ różnych czynników biologicznych [1–3], ale z kolei w wyniku ciągłego pobudzenia psychoruchowego zwykle dochodzi do zaburzeń w interakcjach społecznych i do dezorganizacji zachowania, a w konsekwencji do nasilenia zachowań nieprzystosowawczych. Istotna jest zatem wczesna diagnoza w celu przeciwdziałania narastaniu dysfunkcji.

Specyficzne funkcjonowanie układu nerwowego, związane z dużą reaktywnością na bodźce, trudności ze snem (płytki, z nadmierną wrażliwością na różne hałasy) i brak umiejętności relaksacji często prowadzą do uczucia zmęczenia i na zasadzie błędnego koła nasilenia objawów pobudzenia psychoruchowego. Nieadekwatne reagowanie na bodźce, trudności w koncentracji uwagi, nadmierna impulsywność, drażliwość, gadatliwość utrudniają relacje z innymi, co może wzmacniać poczucia odrzucenia. To z kolei prowadzi do wzrostu napięcia, a w konsekwencji do kompulsywnych form rozładowania negatywnej energii. Niestety dzieci z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD) zwykle nie rozwijają swoich potencjalnych możliwości, ze względu na częste odrzucenie ze strony rówieśników z powodu ich niewłaściwego zachowania, a także trudności w skupieniu się nad zadaniami wymagającymi długotrwałego wysiłku. ADHD dotyczy nie tylko dzieci, ale również dorosłych. Badania wskazują, że częstość występowania tego typu nieprawidłowości wśród osób między 18. a 44. rokiem życia to 4,4% [4, 5]. Im starsze osoby z ADHD, tym łatwiej jest im kontrolować zewnętrznie zachowanie, stąd mniej widocznych cech nadpobudliwości. Niemniej jednak problemy z koncentracją uwagi, jak również impulsywność nadal utrudniają im codzienne funkcjonowanie, co ujawnia się w życiu osobistym, szczególnie w relacjach z najbliższymi, ale także w życiu zawodowym [6]. Zatem konieczne jest diagnozowanie także i tej grupy osób i zapewnienia im wsparcia psychoterapeutycznego, aby zapobiec narastaniu trudności.

DIAGNOZOWANIE ADHD

Diagnozowanie ADHD przede wszystkim powinno opierać się na ustaleniu częstości występowania i nasilenia objawów: deficytu uwagi, nadpobudliwości i impulsywności, zgodnie z klasyfikacją zaburzeń: ICD-11; DSM-5. W procesie diagnozowania konieczne jest podejście interdyscyplinarne, uwzględniające aspekty psychologiczne, pedagogiczne, ale również biologiczne. Podczas diagnozowania istotne znaczenie ma obserwacja w gabinecie, jak i w naturalnym środowisku, gdyż podczas badania pacjent może szczególnie kontrolować zachowanie. Niezbędny jest szczegółowy wywiad z pacjentem, rodziną lub innymi osobami z otoczenia. Konieczne jest zebranie informacji na temat przebiegu ciąży, porodu i oraz czynników działających po urodzeniu się dziecka. Istotne jest również uwzględnienie występowania objawów nadpobudliwości u członków rodziny, w związku z genetycznymi uwarunkowaniami ADHD oraz specyfiką oddziaływań rodzicielskich [7]. W przypadku diagnozowania

ADHD u osób dorosłych należy potwierdzić występowanie symptomów nadpobudliwości i deficytu uwagi w dzieciństwie. Uwzględnia się także takie objawy jak: problemy z organizacją i planowaniem czasu, z realizowaniem zadań od początku do końca, chwiejność emocjonalną i trudności w kontrolowaniu stanów emocjonalnych, impulsywność, czy małą odporność na stres [8].

W procesie diagnozowania przydatne jest również zastosowanie określonych testów diagnostycznych. Obecnie w wielu poradniach stosowany jest test MOXO. Uwzględnia się tu cztery obszary funkcjonowania, jakimi są: uwaga, czas reakcji, impulsywność i nadpobudliwość. Istnieją trzy wersje testu: dla dzieci, dla młodzieży powyżej 13. roku życia oraz dla dorosłych. Na ekranie pojawiają się różne obrazy, a zadaniem osoby badanej jest naciskanie klawisza spacji, jeśli wystąpi właściwy obraz oraz niereagowanie w sytuacji pojawiania się innych obrazów. Stosuje się tu różne elementy rozpraszające (dystryktory o charakterze wizualnym i dźwiękowym) o różnym natężeniu. Po wykonaniu testu generowany jest profil badanego, uwzględniający normy wiekowe i płeć badanego [9].

Wśród narzędzi diagnostycznych można wymienić także Standaryzowany Kwestionariusz Diagnostyczny ADHD, składający się z 18 twierdzeń, pozwalający na dokonywanie oceny nasilenia objawów na 4-punktowej skali Likerta [10,11].

Inne narzędzie do oceny natężenia objawów to Conners Comprehensive Behavior Rating Scales (Conners CBRS), w wersji dla rodziców (CBRS-P) oraz dla nauczycieli (CBRS-T), jak i dla pacjenta (CBRS-SR) [12]. Opracowano tu również wersję dla rodziców, wychowawców i opiekunów do diagnozowania dzieci w okresie wczesnego dzieciństwa (od 2 do 6 lat) Conners Early Childhood (CEC) [13]. Dzięki uwzględnieniu takich obszarów jak: zachowanie (deficyt uwagi/nadpobudliwość, zachowania opozycyjno-buntownicze, niepokój, nastrój, objawy somatyczne oraz funkcjonowanie społeczne) i umiejętności (zdolności adaptacyjne, w zakresie komunikowania się, sprawności motoryczna, preferencje w zakresie gier i zabaw, możliwości intelektualne) możliwa jest szczegółowa analiza problemów dzieci.

W odniesieniu do osób dorosłych przydatne w diagnozowaniu mogą być następujące testy:

1. Wender Utah Rating Scale for the Attention Deficit Hyperactivity Disorder (WURS) (tłum. M. Wierzbicka, 2016), gdzie badani oceniają na 5-stopniowej skali (0–4) jakie było nasilenie u nich określonych objawów w okresie dzieciństwa (25 twierdzeń). W przypadku uzyskania wyniku 46 pkt i więcej (max. 100 pkt) stwierdza się występowanie ADHD.
2. Weiss Functional Impairment Rating Scale-Self Report (WFIRS-S) (w tłumaczeniu M. Wierzbickiej, 2016). Kwestionariusz uwzględnia objawy ADHD w dorosłości, jak również ich konsekwencje w odniesieniu do rodziny, pracy, szkoły, umiejętności życiowych, samooceny, życia społecznego i ryzyka. Skala składa się z 69 twierdzeń, do których badani ustosunkowują się na skali od 0 do 4 (max. liczba punktów to 207).
3. Adult ADHD Self Report Scale (ASRS-v1.1) w tłum. M. Szaniawskiej. Skala ta opiera się na wywiadzie diagnostycznym odnośnie do objawów ADHD, opracowanym przez WHO w 2003 roku. Obejmuje część A, zawierającą 6 twierdzeń odnoszących się do zaburzeń uwagi (4 pozycje) oraz hiperaktywności/impulsywności (2 pozycje). Z kolei część B zawiera 12 pozycji służących uszczegółowieniu

problemów [14]. Uwzględniając diagnozę psychologiczną, konieczne jest także zbadanie możliwości poznawczych osób z ADHD oraz ocena ich kompetencji społeczno-emocjonalnych.

DIAGNOZOWANIE RÓŻNICOWE DEFICYTU UWAGI I NADRUCHLIWOŚCI

Diagnostując deficyt uwagi z nadruchością, niezbędne jest odróżnienie go od innych zaburzeń lub ustalenie współistnienia z innymi zespołami. Z analiz wynika, że w 75% możemy mówić o współwystępowaniu objawów ADHD z innymi dysfunkcjami. Można do nich zaliczyć problemy ze snem i brak umiejętności odpoczywania, co nasila ryzyko współwystępowania zaburzeń somatycznych [15, 16].

Odróżnienie ADHD od innych chorób może być trudne, bo z pobudzeniem psychoruchowym wiąże się wiele z nich. Wymienić tu należy m.in. epilepsję, wolno rosnące guzy, zapalenie mózgu, nadczynność tarczycy, anemię, choroby wątroby, pasożytnicze i alergiczne. Nadaktywność może być również skutkiem ubocznym stosowania niektórych leków. ADHD stanowi także objaw różnego typu zaburzeń psychicznych, tj. psychoz afektywnych, schizofrenii, zespołów lękowych, spektrum autyzmu i niepełnosprawności intelektualnej [17].

Badania wskazują również, że dzieci z zaburzeniami integracji sensorycznej, z deficytami w percepcji wzrokowej, słuchowej, smakowej, dotykowej i węchowej w sytuacji nieprawidłowego odbioru określonych sygnałów mogą odczuwać napięcie i lęk, co powoduje pobudzenie psychoruchowe [16, 18]. Zatem diagnoza różnicowa jest trudna. Oprócz analizy zachowania dziecka lub osoby dorosłej konieczne jest odwołanie się do czynników biologicznych.

DIAGNOZOWANIE CZYNNIKÓW BIOLOGICZNYCH

Ze względu na trudności w diagnozie różnicowej ADHD oraz innych dysfunkcji, o których wcześniej wspomniano, istotne są również analizy natury biomedycznej. Konieczne jest przeprowadzenie badań laboratoryjnych, wskazujących na niedobory lub nadmiar określonych substancji, a także czynniki chorobotwórcze. W wielu przypadkach użyteczne są: genetyka molekularna, neuroobrazowanie mózgu, m.in. tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny. Szczególnie pomocną, prostą, nieinwazyjną i ekonomiczną w diagnozowaniu metodą jest QEEG.

Biorąc pod uwagę biologiczne przyczyny [1], jak wcześniej wspomniano, należy uwzględnić określone czynniki genetyczne oraz mutacje genowe. Stwierdzono istnienie zależności między płcią a częstością występowania ADHD (1: 4). Badania wskazują również, że w zależności od płci różne mogą być u osób dorosłych konsekwencje deficytu uwagi i nadruchości występujące w okresie dzieciństwa. W przypadku dorosłych mężczyzn ADHD częściej występują u nich zachowania antyspołeczne oraz skłonność do nadużywania substancji psychoaktywnych. Z kolei u kobiet, które jako dzieci były nadpobudliwe, występują objawy depresji, zespoły lękowe, nieprawidłowości w odżywianiu, a także zmienność nastrojów [17, 19].

Badacze uwarunkowań ADHD skupiają się również na zmianach anatomicznych, związanych z nieprawidłową

budową mózgu oraz urazami w okresie płodowym, okołoporodowym i wczesnego dzieciństwa. Do czynników biochemicznych możemy zaliczyć różnego typu problemy w przekazywaniu informacji w różnych obszarach mózgu, będące rezultatem braku równowagi biochemicznej w wyniku niedoboru określonych substancji, np. witamin z grupy B, C, zakażeń, a także nieprawidłowości w wydzielaniu neuroprzekaźników (m.in. dopaminy, noradrenaliny czy serotoniny). Naukowcy podkreślają również istotne znaczenie różnego typu alergenów oraz dodatków do żywności (barwniki oraz środki konserwujące) [1].

Badania potwierdzają, że osoby z ADHD inaczej przetwarzają określone informacje w porównaniu z grupą kontrolną, w związku z odmiennym funkcjonowaniem kory przedczołowej, ośrodków podkorowych, a także spoidła wielkiego i mózdzku [10]. Na podstawie neuroobrazowania mózgu ustalono, że u dzieci z ADHD występują różne podtypy EEG (profile neurofizjologiczne), m.in. z opóźnionym dojrzewaniem kory mózgowej, z niedostatecznie zaktywizowaną korą, z nadmiarem aktywności rytmu fal alfa lub beta [1].

QEEG (ILOŚCIOWE EEG) I DIAGNOZOWANIE Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY JAKOŚCIOWEJ

QEEG (ang. *quantitative electroencephalogram*) to analiza ilościowa zapisu EEG, poddana odpowiedniej obróbce statystycznej sygnału. Jest to nowoczesna metoda. W Polsce pierwsze szkolenie z tego zakresu przeprowadzono w 2001 roku, a pełnoczępkową diagnozę QEEG zaczęto stosować dopiero kilka lat temu. Początkowo zapis sygnału EEG oparty był na działaniu elektroencefalografów analogowych. Dopiero gdy połączono aparaturę rejestrującą z komputerem i zmieniono analogowy zapis na cyfrowy, możliwe było przeprowadzenie prawdziwej analizy statystycznej z wykorzystaniem algorytmu transformaty Fouriera [20]. Taka właśnie komputerowa analiza ilościowa EEG jest nazywana QEEG.

Coraz częściej słyszy się o wprowadzeniu tej metody jako narzędzia do diagnozowania różnych chorób, ostatnio – schorzeń psychicznych [21]. Dużo uwagi poświęca się problemom nadpobudliwości psychoruchowej z deficytu uwagi [22, 23]. Dzięki zastosowaniu QEEG można rozgraniczać różne podtypy choroby [21]. Coraz częściej badacze opisują wykorzystanie QEEG w diagnozowaniu depresji i schizofrenii [24, 25].

Metoda QEEG pozwala przewidzieć ryzyko zachorowania u danej osoby, wyodrębnić podtypy choroby oraz ocenić, czy podjęte leczenie przynosi zamierzony efekt [21]. QEEG znajduje również zastosowanie w przypadku diagnozowania i leczenia choroby Parkinsona, Alzheimera, migreny czy padaczki [26–30]. Istnieją również badania ukazujące zmiany w mózgu w przypadku uzależnienia od narkotyków oraz zaburzeń odżywiania [31].

Diagnostyka QEEG pozwala na zweryfikowanie i ustalenie zakresu częstotliwości fal, jak również ewentualnych zaburzeń występujących w danym obszarze mózgu pacjenta. W celu prawidłowej interpretacji otrzymanych wyników należy brać pod uwagę zgłaszane dysfunkcje, wiek pacjenta, przyjmowane leki i inne czynniki. Wskaźnik QEEG jest ściśle związany z dojrzewaniem i rozwojem mózgu, dlatego wiek stanowi istotny czynnik w interpretacji wyników [23, 32].

U dzieci z zespołem nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi najbardziej spójnymi wynikami, które

zaobserwowano w wielu badaniach QEEG, są wzorce epileptyczne, wzrost mocy pasm częstotliwości delta i theta, podwyższony poziom stosunku delta/beta i redukcja pasm częstotliwości beta i alfa, szczególnie w obszarach tylnych (ang. *attention-deficit hyperactivity disorder*, ADHD) [22, 33].

Dzięki QEEG wykryto podobieństwa w dysfunkcjach mózgu między ADHD a chorymi na chorobę afektywną dwubiegunową (BD). Zatem metoda ta może prowadzić do bardziej obiektywnych i precyzyjnych diagnoz, a ostatecznie może skutkować efektywniejszymi interwencjami [34]. Ilościowe EEG można zastosować również do odróżnienia dorosłych osób z ADHD od zdrowych i tych, którzy wykazują niektóre objawy ADHD, ale nie spełniają kryteriów diagnostycznych. Ilościowe EEG rejestrowano w spoczynku w warunkach otwartych oczu i stosowano do porównania 50 dorosłych pacjentów ze zdiagnozowanym ADHD z 50 pacjentami z grupy kontrolnej i 50 pacjentami z symptomami ADHD, ale jeszcze niezdiagnozowanymi. Grupa pacjentów z ADHD różniła się znacząco pod względem aktywności fal theta, podwyższonej w porównaniu do grupy pacjentów z niezdiagnozowanym ADHD, jak i do grupy kontrolnej. Grupa pacjentów z ADHD i grupa kontrolna nie różniły się pod względem aktywności fal beta, ale względna aktywność fal theta była zmniejszona, natomiast względna moc beta była podwyższona w grupie pacjentów z niezdiagnozowanym ADHD w porównaniu z grupami ze zdiagnozowanym ADHD i grupą kontrolną [22].

Diagnostyka QEEG ukazuje pełen obraz funkcjonowania mózgu, dlatego umożliwia ułożenie terapii EEG-biofeedback (neurofeedback) dostosowanej indywidualnie do każdego pacjenta. Pozwala również lepiej zrozumieć mechanizmy choroby, szybciej ją zdiagnozować, często gdy jest jeszcze niewidoczna.

TRENING EEG-BIOFEEDBACK (NEUROFEEDBACK)

Badanie QEEG powoli staje się narzędziem, na podstawie którego przygotowuje się odpowiedni protokół treningów EEG-biofeedback (neurofeedback), dostosowany do potrzeb konkretnego pacjenta [21]. To indywidualne podejście do chorego polega na dokładnej analizie raportów diagnostycznych ilościowego zapisu EEG, co pozwala zaprojektować protokoły treningowe tak, aby dziecko mogło nauczyć się zwiększyć lub zmniejszyć udział konkretnej fali w jego nieprawidłowym modelu zapisu. Trening EEG biofeedback uczy pacjenta, jaki stan mózgu jest dla niego optymalny oraz rozpoznawania sytuacji, w której mózg najlepiej funkcjonuje i jest najbardziej wydajny. Stan taki można odkryć właśnie dzięki ilościowemu EEG, który umożliwia wykrycie odchyień od prawidłowej pracy mózgu w danych sytuacjach i pozwala na sprawdzenie, kiedy wracają one do normy. Każdy stan psychiczny ma swój odpowiednik w zapisie fal mózgowych. Różnią się one częstotliwością. Ich aktywność jest odmienna w poszczególnych obszarach mózgowych. Wyróżniamy różne typy fal mózgowych:

- fale delta, które są generowane podczas głębokiego snu bez marzeń sennych;
- fale theta, które dominują w stanie pobudzenia emocjonalnego, ale są też powiązane z aktywną wyobraźnią i odpoczynkiem po wysiłku;
- fale alfa, które dominują w stanie relaksacji i podczas medytacji. Ich wysoki poziom może wiązać się z trudno-

ściami ze skupieniem uwagi, a niski występuje zwykle przy bezsenności, lęku i stresie;

- fale beta, które wiążą się z intensywną aktywnością neuronów i występują w stanie skupienia. Zbyt duże ich natężenie wiąże się z lękiem i stresem;
- fale gamma, które wynikają z wysokiego poziomu procesów poznawczych w mózgu. Są też bardziej intensywne podczas fazy REM snu.

EFEKTYWNOŚĆ TERAPII EEG-BIOFEEDBACK (NEUROFEEDBACK) A QEEG

Obserwacje, jak również badania naukowe potwierdzają skuteczność terapii EEG-biofeedback, która oczywiście powinna być poprzedzona diagnozą QEEG.

Między innymi M. Pinkowicka analizowała zmiany w wyniku treningu EEG-Biofeedback (Neurofeedback) w zakresie koncentracji uwagi oraz pamięci krótkotrwałej za pomocą testów psychologicznych: testu d2 R. Brickenkampa (w adaptacji E. Dajek) oraz testu 15 słów Reya (zapamiętywanie i przypominanie, którego wskaźnikiem jest rozpoznawanie i odtwarzanie materiału słownego) [35]. Pierwszy z testów (jego przeprowadzenie zajmuje ok. 10 minut) polega na skreśleniu liter „d” z kreskami w różnym ułożeniu: „d, „d,,d”. Litera ta znajduje się w 14 ciągach liter. Zadanie wykonywane jest na czas. Uwzględnia się tu liczbę prawidłowo skreślonych liter, liczbę błędów oraz czas wykonania zadania. Wskaźnikiem koncentracji uwagi jest szybkość pracy osoby badanej, dokładność pracy (odsetek popełnianych błędów, tempo pracy (granice przedziału wyników)). Test 15 słów Reya (Auditory Verbal Learning Test) obejmuje 7 prób. Pierwsze 5 prób to czytanie niezwiązanych ze sobą słów, które badany ma zapamiętać. W szóstej próbie chodzi o wyłapanie w opowiadaniu czytany przez badającego zasłyszanych wcześniej słów. Z kolei w siódmej próbie należy wybrać te same słowa w tym samym opowiadaniu odczytanym przez samego badanego. Zgodnie z założeniem autora testu powtórzenia wskazują na kontrolowanie przez badanego procesu przypominania. Z kolei zmyślenia są wskaźnikiem nieprawidłowości w zakresie pamięci, kojarzenia i uwagi, w przypadku ich występowania dokonując analizy jakościowej, uwzględnia się, na ile te słowa są powiązane z tekstem. W opisywanych badaniach nie brano pod uwagę analizy jakościowej, ale liczbę zapamiętanych słów, słów powtórzonych w pięciu próbach oraz liczbę słów zmyślonych [35]. W testach prowadzonych przez M. Pinkowicką uczestniczyło 45 dzieci z orzeczeniem ADHD (w wieku od 11,6 do 12,9 roku), w tym 30 uczestniczących w 15 sesjach treningu EEG-Biofeedback (plus dwie sesje diagnostyczne), trwających ok. 60 minut (grupa eksperymentalna), oraz 15 dzieci, wobec których nie stosowano żadnych oddziaływań. Badania potwierdziły, że trening ten istotnie wpłynął na szybkość spostrzegania (szybkość pracy), zmniejszyła się liczba popełnianych błędów i zdolność koncentracji (test d2 – różnice istotne statystycznie). Podobnie na podstawie ponownego badania testem 15 słów Reya w grupie eksperymentalnej stwierdzono znaczący (różnice istotne statystycznie) wzrost wskaźników pamięci krótkotrwałej (zwiększyła się liczba zapamiętanych słów właściwych, a zmniejszyła liczba powtórzeń i zmyślonych słów w pięciu próbach; „powtórzenia są wskaźnikiem kontrolowania przez badanego procesu przypominania, zatem zmniejszenie się liczby powtórzeń wskazuje na poprawę

koncentracji uwagi”). Jak słusznie podkreśla Pinkowicka, zmiany zapoczątkowane w terapii EEG-Biofeedback powinny wspomagać inne oddziaływania terapeutyczne [35]. Uwzględniając procesy mózgowo, należy uwzględnić fakt, że brak kolejnych powtórzeń może prowadzić do zanikania danych połączeń nerwowych.

Systematyczne powtarzanie badania diagnostycznego QEEG wydaje się tu konieczne, gdyż pozwala na ocenę zmian zachodzących w mózgu.

ANALIZA WYNIKÓW QEEG PACJENTÓW Z DIAGNOZĄ: DEFICYT UWAGI Z NADRUCHLIWOŚCIĄ

Do porównania i analizy wyników QEEG przedstawiamy wyniki pięciu pacjentów z diagnozą nadpobudliwość psychoruchowa z deficytem uwagi: Dziewczynka I – 11 lat, Chłopiec I – 12 lat, Chłopiec II – 6 lat, Chłopiec III – 11 lat i Chłopiec IV – 11 lat. W prezentowanych przez nas badaniach używamy metody QEEG, mierząc amplitudę rytmów według systemu DigiTrack. Jest to pierwiastek z całkowitej mocy dla tego rytmu (inaczej mówiąc: pierwiastek z sumy mocy widmowej dla tego pasma częstotliwościowego). Takie właśnie podejście i analiza daje nam możliwość stworzenia idealnego protokołu dostosowanego do indywidualnych potrzeb pacjenta, a nie wybór klasycznych protokołów treningowych stworzonych w programie Neurofeedback.

Dziewczynka I – 11 lat

Dziewczynka I ma 11 lat (tab. 1) i w badaniu otrzymaliśmy falę delta o amplitudzie w C3 34,1 μV i w C4 – 34,72 μV . Amplitudy te przewyższają normę (do 30 μV u dzieci), ale są w prawidłowej asymetrii półkulowej do 20%. Amplituda fali theta w lewej półkuli przekracza normę (do 20 μV) w C3 ma wartość 25,27 μV i w C4 – 25,59 μV . Amplitudy te są niższe od delty, zgodnie z normami. Amplitudy fali alfa zmniejszają się prawie dwukrotnie i wynoszą: w C3 – 13,81 μV i w C4 – 12,09 μV . Amplitudy fali SMR zmniejszają się w stosunku do alfy i w C3 wynoszą 7,41 μV i w C4 – 6,20 μV . Amplitudy fali beta 1 nieznacznie się zwiększają, wynosząc w C3 8,17 μV i w C4 – 6,82 μV . Amplitudy fali beta 2 zmniejszają się w lewej półkuli i wynoszą: w C3 – 8,04 μV i w C4 – 7,47 μV .

Tabela 1. Badanie amplitudy fal mózgowych dziewczynki I

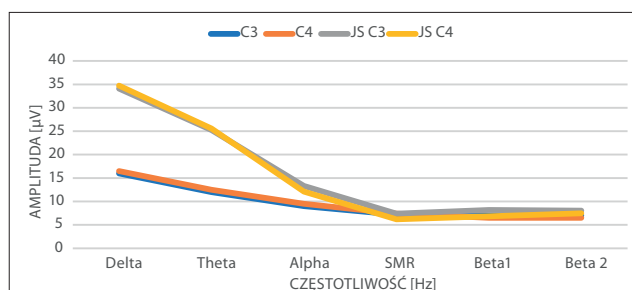
	Delta 0.5Hz-3Hz		Theta 4Hz-8Hz		Alpha 8Hz-12Hz		SMR 12Hz-15Hz		Beta 15Hz-20Hz		Beta2 20Hz-34Hz	
	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]
C3	34.10	35.42%	25.27	26.24%	13.30	13.81%	7.41	7.70%	8.17	8.49%	8.04	8.35%
C4	34.72	37.37%	25.59	27.55%	12.09	13.02%	6.20	6.68%	6.82	7.34%	7.47	8.04%

C3, C4 – odprowadzenia na głowie pacjenta, μV – wartość amplitudy, % – udział procentowy danej fali

Analiza wyników Dziewczynki I wskazuje na zwiększone udziały fal wolnych – delta i theta. Fale SMR są trzykrotnie mniejsze od thety. Fale beta 1 i beta 2 nie zwiększają się w stosunku do fali SMR i są wszystkie wyrównane między sobą, trzykrotnie wolniejsze od thety.

Chłopiec I – 12 lat

U chłopca I – 12 lat (tab. 2) w badaniu otrzymaliśmy Deltę o amplitudzie: w C3 – 14,58 μV i w C4 – 14,36 μV . Amplitudy te są w normie (wartość max. u dzieci to 30 μV) i w prawidłowej asymetrii półkulowej do 20%. Amplituda fali theta



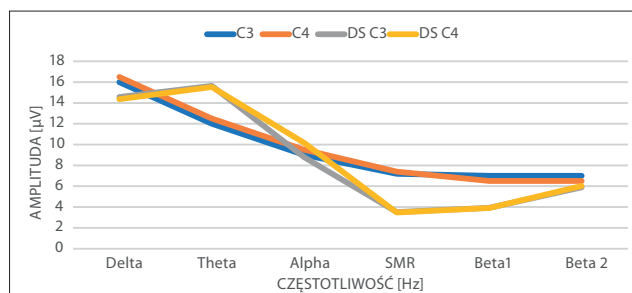
Rys. 1. Porównanie badania dziewczynki I (JS C3, JS C4) z normą (C3, C4)

w obu półkulach się zwiększa, choć nadal pozostaje w normie (do 20 μV) – w C3 ma wartość 15,65 μV i w C4 – 15,53 μV . Amplitudy fal alfa znacznie się zmniejszają i wynoszą: w C3 – 8,78 μV i w C4 – 10,16 μV . Amplitudy fali SMR zmniejszają się dwukrotnie w stosunku do alfy i w C3 wynoszą 3,52 μV i w C4 – 3,48 μV . Amplitudy fali beta 1 nieznacznie się zwiększają, wynosząc: w C3 – 3,93 μV i w C4 – 3,90 μV . Amplitudy fali beta 2 zwiększają się, choć pozostają znacznie niższe od amplitud fal alfa, i wynoszą: w C3 – 5,89 μV i w C4 – 5,02 μV .

Tabela 2. Badanie chłopca I: amplitudy fal mózgowych

	Delta 0.5Hz-3Hz		Theta 4Hz-8Hz		Alpha 8Hz-12Hz		SMR 12Hz-15Hz		Beta 15Hz-20Hz		Beta2 20Hz-34Hz	
	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]
C3	14.58	27.85%	15.65	29.90%	8.78	16.77%	3.52	6.72%	3.93	7.51%	5.89	11.24%
C4	14.36	26.86%	15.53	29.06%	10.16	19.00%	3.48	6.52%	3.90	7.30%	6.02	11.26%

C3, C4 – odprowadzenia na głowie pacjenta, μV – wartość amplitudy, % – udział procentowy danej fali
Źródło:



Rysunek 2. Porównanie wyników badania chłopca I (DS C3, DS C4) z normą (C3, C4)

Analiza wyników chłopca I wskazuje na zwiększone udziały fal wolnych – delta i theta, z tendencją do wyrównywania się fal theta w stosunku do delty. Udziały amplitud fal alfa znacznie spadają, a amplitudy SMR i beta 1 są więcej niż trzykrotnie mniejsze od thety. Fale beta 2 nieznacznie się zwiększają w stosunku do fali SMR, lecz pozostają mniejsze od alfy, a od thety prawie trzykrotnie.

Chłopiec II – 6 lat

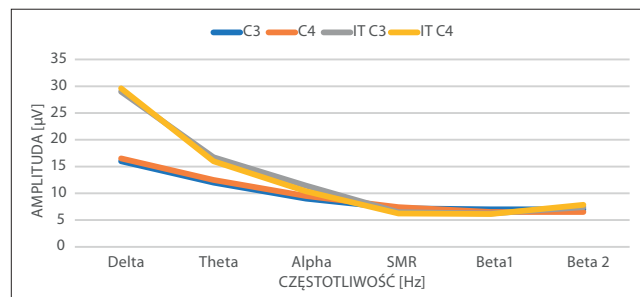
Wyniki badania QEEG chłopca II – 12 lat (tab. 3) charakteryzują się Deltą o amplitudzie w C3 28,99 μV i w C4 – 29,61 μV . Amplitudy te są w normie (do 30 μV u dzieci) i w prawidłowej półkulowej asymetrii do 20%. Amplituda fali theta w obu półkulach znacznie się zmniejsza, choć pozostają w normie (do 20 μV) – w C3 ma wartość 16,73 μV i w C4 – 15,93 μV . Amplitudy fal alfa zmniejszają się i wynoszą: w C3 – 11,45 μV i w C4 – 10,36 μV . Amplitudy fali SMR zmniejszają się prawie trzykrotnie w stosunku do thety i w C3 wynoszą 6,46 μV , zaś w C4 – 6,21 μV . Amplitudy fali beta 1 są podobne i wynoszą: w C3 – 6,23 μV i w C4 – 6,14 μV . Amplitudy fal

beta 2 zwiększają się nieznacznie, pozostają znacznie niższe od fal alfa i wynoszą: w C3 – 7,42 μV i w C4 – 7,86 μV .

Tabela 3. Badanie chłopca II: amplitudy fal mózgowych

	Delta 0,5–3 Hz		Theta 4–8 Hz		Alpha 8–12 Hz		SMR 12–15 Hz		Beta 15–20 Hz		Beta 2 20–34 Hz	
	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]
C3	28,99	37,5	16,73	21,7	11,42	14,8	6,46	8,4	6,23	8,1	7,42	9,6
C4	29,61	38,9	15,97	21,0	10,36	13,6	6,21	8,2	6,14	8,1	7,86	10,3

C3, C4 – odprowadzenia na głowie pacjenta, μV – wartość amplitudy, % – udział procentowy danej fali



Rysunek 3. Porównanie wyników badania chłopca II (IT C3, IT C4) z normą (C3, C4)

Analiza wyników chłopca II wskazuje na niskie udziały amplitudy SMR i beta 1 w stosunku do delty. Są one prawie trzykrotnie mniejsze i od thety. Fale beta 2 nieznacznie się zwiększają się w stosunku do fali SMR i beta 1, lecz pozostają mniejsze od alfy, a od thety prawie trzykrotnie.

Chłopiec III – 11 lat

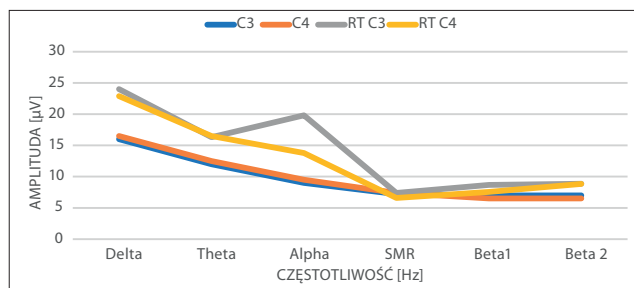
Wyniki badania chłopca III – 11 lat (tab. 4) charakteryzują się Deltą o amplitudzie w C3 – 24,02 μV i w C4 – 22,90 μV . Amplitudy te są w normie (do 30 mV u dzieci) i w prawidłowej asymetrii do 20%. Amplituda fali theta w obu półkulach znacznie się zmniejsza i pozostaje w normie (do 20 μV) – w C3 ma wartość 16,33 μV i w C4 – 16,50 μV . Amplitudy fal alfa zwiększają się tylko w lewej półkuli i wynoszą: w C3 – 19,83 μV a w C4 – 13,79 μV . Tutaj obserwujemy dużą asymetrię. Amplitudy fali SMR zmniejszają się w stosunku do thety i w C3 wynoszą 7,38 μV , zaś w C4 – 6,60 μV . W fali SMR nie obserwujemy, jak w Alfie, asymetrii. Amplitudy fal beta 1 są podobne do fali SMR – w C3 wynoszą 8,67 μV , zaś w C4 – 7,56 μV . Amplitudy fal beta 2 zwiększają się w niewielkim stopniu, pozostają znacznie niższe od fal alfa – więcej niż dwukrotnie – i wynoszą: w C3 – 8,87 μV i w C4 – 8,84 μV .

Tabela 4. Badanie chłopca III – amplitudy fal mózgowych

	Delta 0.5Hz-3Hz		Theta 4Hz-8Hz		Alpha 8Hz-12Hz		SMR 12Hz-15Hz		Beta 15Hz-20Hz		Beta2 20Hz-34Hz	
	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]
C3	24.02	28.23%	16.33	19.18%	19.83	23.30%	7.38	8.67%	8.67	10.19%	8.87	10.43%
C4	22.90	30.05%	16.50	21.66%	13.79	18.10%	6.60	8.67%	7.56	9.92%	8.84	11.60%

C3, C4 – odprowadzenia na głowie pacjenta, μV – wartość amplitudy, % – udział procentowy danej fali

Analiza rezultatów badania chłopca III (rys. 4) wskazuje na niskie udziały amplitudy SMR i beta 1 w stosunku do delty. Są one więcej niż dwukrotnie mniejsze od thety. Charakterystyczne w tym badaniu jest znaczne zwiększenie się udziałów fal alfa, szczególnie w półkuli lewej, w stosunku



Rysunek 4. Porównanie wyników badania chłopca III (RT C3, RT C4) z normą (C3, C4)

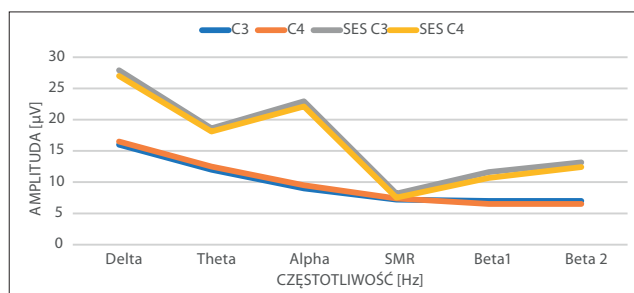
do udziałów thety. Fale beta 2 nieznacznie się zwiększają się w stosunku do fal SMR i beta 1 i pozostają znacznie mniejsze od alfy i thety.

Chłopiec IV – 11 lat

Wyniki badania chłopca IV – 11 lat (tab. 5) charakteryzują się Deltą o amplitudzie w C3, wynoszącą 27,91 μV i w C4 – 27,01 μV . Amplitudy te są w normie (do 30 μV u dzieci) i w prawidłowej asymetrii (nieprzekraczającej 20%). Amplituda fali theta w obu półkulach znacznie się zmniejsza, pozostaje w normie (do 20 μV) – w C3 ma wartość 18,62 μV i w C4 – 18,11 μV . Amplitudy fal alfa zwiększają się w obu półkulach, wychodzą poza normę (u dzieci do 15 μV) i mają wartość w C3 – 22,94 μV , a w C4 – 22,12 μV . Amplitudy fali SMR zmniejszają się w stosunku do thety i alfy więcej niż dwukrotnie i wynoszą: w C3 – 8,17 μV i w C4 – 7,53 μV . Fala SMR ma prawidłową asymetrię, chociaż powinna być wyższa w półkuli prawej, a nie lewej. Amplitudy fal beta 1 zwiększają się w stosunku do SMR – w C3 wynoszą 11,61 μV , w C4 – 10,68 μV . W amplitudach fal beta 2 również obserwujemy tendencję wzrostową, i choć przewyższają normę (4–10 μV), pozostają znacznie niższe od fal alfa i theta i wynoszą: w C3 – 13,17 μV i w C4 – 12,41 μV .

Tabela 5. Badanie chłopca IV amplitudy fal mózgowych

	Delta 0,5–3 Hz		Theta 4–8 Hz		Alpha 8–12 Hz		SMR 12–15 Hz		Beta 15–20 Hz		Beta 2 20–34 Hz	
	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]	[μV]	[%]
C3	27,91	27,2	18,62	18,2	22,94	22,4	8,17	8,0	11,61	11,3	13,17	12,9
C4	27,01	27,6	18,11	18,5	22,12	22,6	7,53	7,7	10,68	10,9	12,41	12,7

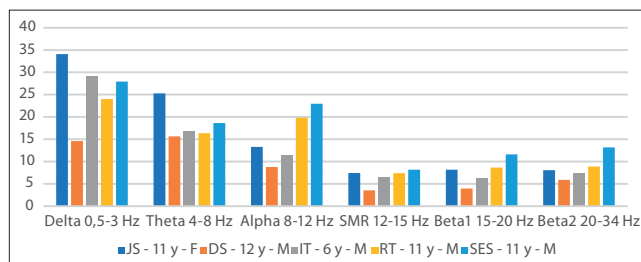


Rysunek 5. Porównanie wyników badania chłopca IV (SES C3, SES C4) z normą (C3, C4)

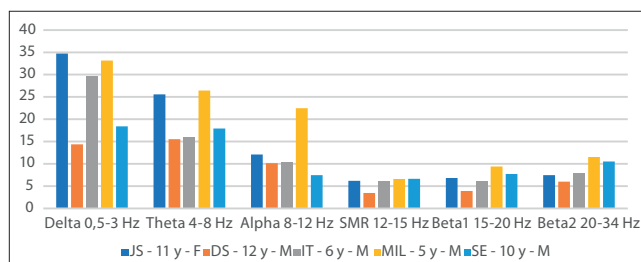
Analiza wyników badania u chłopca IV (rys. 5) wskazuje na wysokie amplitudy fal niskoczęstotliwościowych – delta, theta, alfa, z charakterystyczną tendencją do zwiększania się amplitud alfy w stosunku do thety. Udziały amplitudy SMR znacznie się zmniejszają – prawie trzykrotnie w stosunku do alfy. Wysokoczęstotliwościowe fale beta 1 i beta 2

w niewielkim stopniu zwiększają się w stosunku do fali SMR i pozostają znacznie mniejsze od alfy i thety.

Na rys. 6 przedstawiono porównanie wyników w C3 pacjentów z diagnozą deficytu uwagi z nadpobudliwością.



Rysunek 6. Zestawienie amplitud fal w pacjentów z diagnozą ADHD w odprowadzeniu C3



Rysunek 7. Zestawienie amplitud fal w pacjentów z ADHD w odprowadzeniu C4

Jak pokazuje rys. 7, u badanych osób obserwujemy wysokie amplitudy fal delta, theta, alfa, a niższe amplitudy fal wysokoczęstotliwościowych w porównaniu z niskoczęstotliwościowymi, a także niższe amplitudy fal beta 2 od fal alfa i theta.

Analiza wyników badanych osób wskazuje na występowanie specyficznych różnic w zakresie amplitud fal mózgowych u osób z ADHD i badanych będących w normie.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Uzyskane rezultaty potwierdzają występowanie specyficznych zmian w zakresie amplitud fal osób z ADHD oraz osób zdrowych.

Okazało się, że u badanych dzieci z nadpobudliwością psychoruchową i deficytem uwagi występowały powtarzające się zależności: wysokie amplitudy fal niskoczęstotliwościowych – delta, theta, alfa, niskie amplitudy fal wysokoczęstotliwościowych w stosunku do niskoczęstotliwościowych, zbliżone amplitudy fal wysokoczęstotliwościowych – SMR, beta 1 i beta 2, niższe amplitudy fal beta 2 od alfa i theta.

Przeprowadzone badania QEEG miały charakter pilotażowy i oczywiście konieczne są dalsze analizy. Niezbędne jest również porównanie wskaźników badań u diagnozowanych z ADHD z wynikami osób z innymi zaburzeniami o podłożu neurologicznym.

QEEG warto stosować nie tylko w początkowej fazie diagnozowania zmian u pacjenta, ale również w celu sprawdzenia efektywności terapii EEG-biofeedback. QEEG daje również możliwość porównania skutków treningu EEG-biofeedback (neurofeedback) i terapii farmakologicznej.

Jak już wcześniej wspomniano, dzięki pomiarowi amplitudy rytmów z wykorzystaniem systemu DigiTrack dla każdego z pacjentów tworzony jest indywidualny protokół oddziaływań, dostosowany do potrzeb danej osoby, gdzie

poprzez systematyczne ćwiczenia określonego typu dochodzi do zmian fal wytwarzanych w mózgu.

Należy mieć przede wszystkim świadomość, że wczesna diagnoza (m.in. za pomocą QEEG) oraz wczesne podjęcie terapii może wpłynąć na zminimalizowanie negatywnych konsekwencji ADHD, jakimi są m.in.: obniżona samoocena i rezygnowanie z różnych działań, co wiąże się z brakiem rozwoju potencjalnych możliwości. Liczne badania [36–39] potwierdzają, że nieprawidłowości w relacjach i problemy w panowaniu nad sobą prowadzą często do nieprawidłowego kształtowania się osobowości, zachowań antyspołecznych, nasilonych zaburzeń lękowych, depresji, a także nadużywania substancji psychoaktywnych.

Mimo coraz większej popularności i skuteczności potencjał QEEG wciąż nie jest wykorzystany i żadna z baz normatywnych nie korzysta z bogactwa tej metody.

PIŚMIENNICTWO

1. Thapar A, Cooper M, Eyre O, et al. Practitioner review: What have we learnt about the causes of ADHD. *J Child Psychol. Psychiatry.* 2013; 54(1): 3–13.
2. Gaidanowicz R, Deksnety A, Palinauskaite K, et al. ADHD – plaga XXI wieku? *Psychiatr Pol.* 2018; 52(2): 287–387.
3. De La Fuente A, Xia S, Branch C, Li X. A review of attention-deficit/hyperactivity disorder from the perspective of brain networks. *Front Hum Neurosci.* 2013; 7: 192.
4. Rhodes SS. Parenting dependent young adults with ADHD. *Pediatr Nurs.* 2017; 43(5): 243.
5. Philipp-Wiegman F, Retz-Junginger P, Retz W, Rosler M. The intraindividual impact of ADHD on the transition of adulthood to old age. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci.* 2016; 266: 367–369.
6. Wasserstein J. Diagnostic issues for adolescent and adults with ADHD. *J Clin Psychol.* 2005; 61: 535–547.
7. Ochojska D, Pasternak J. Postawy rodzicielskie w percepcji studentów z ADHD. *Wychowanie w Rodzinie.* 2019; 20(1): 180–194.
8. Munden A, Arcelus J. ADHD. *Nadpobudliwość ruchowa.* Kraków: Bellona; 2006: 130–133.
9. Hetmańczyk H, Kawiak E. Diagnozowanie zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z wykorzystaniem testu MOXO. *Edukacja – Technika – Informatyka.* 2018; 23(1): 237–241.
10. Pisula A, Bryńska A, Kołakowski A, et al. ADHD – zespół nadpobudliwości psychoruchowej. *Przewodnik dla rodziców i wychowawców.* Gdańsk: GWP; 2018.
11. Orylska A, Jagielska G. Diagnoza zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi u dzieci w wieku przedszkolnym. *Psychiatr Psychol Klin.* 2011; 11(2): 115–119.
12. Conners CK, Sitarenios G, Parker JD, et al. The Revised Conners' Parent Rating Scale (CPRS-R): factor structure, reliability, and criterion validity. *J Abn Child Psychol.* 1998; 26: 257–268.
13. Conners CK. *Conners Early Childhood Manual.* Multi-Health Systems: New York; 2009.
14. Bober-Płonka B, Kuleta-Krzyszowski M, Wasilewska M. Funkcjonowanie studentów z ADHD – różnice między mężczyznami i kobietami. *Edukacja – Technika – Informatyka.* 2019; 1: 11–20.
15. Kooij JJS, Francken MH. Diagnostic Interview for ADHD adults (Diva 2.0). In: Kooij JJS. *Adult ADHD. Diagnostic Assessment and treatment.* New York: Springer; 2013. p. 97–99.
16. Levy E, Traicu A, Iyer S, et al. Psychotic disorders comorbid with attention-deficit hyperactivity disorder. An important knowledge gap. *Can J Psychiatry.* 2015; 60 (3 suppl. 2): 48–52.
17. Blom JD, Niemantsverdriet M, Spuijbroek A, et al. Attention Deficit Disorder Psychosis. In: Sharpless BA, editor. *Unusual and rare psychological disorders. A Handbook for clinical practice and research.* Oxford: Oxford University Press; 2017: 78–81.
18. Faraone CV, Biederman J, Spencer T, et al. Diagnosing adult attention deficit hyperactivity disorder: are late onset and subthreshold diagnosis valid? *Am J Psychiatry.* 2006; 163(10): 1720–1729.
19. Lipowska M, Dykalska-Bieck D. Czy impulsywność w ADHD ma komponenty temperamentalne? *Psychiatr Psychol Klin.* 2010; 10(3): 16–181.
20. Fetz EE. Volitional control of neural activity: Implications for brain-computer interfaces. *J Physiol.* 2007; 15: 571–579.

21. Walkowiak H. EEG biofeedback: charakterystyka, zastosowanie, opinie specjalistów. *Studia Edukacyjne*. 2015; 36: 307–325.
22. Barry RJ, Clarke AR, Johnstone SJ, et al. EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clin Neurophysiol*. 2007; 118: 2765–73.
23. Billeci L, Sicca F, Maharatna K, et al. On the application of quantitative EEG for characterizing autistic brain: a systematic review. *Front Hum Neurosci*. 2013; 7: 442.
24. Chen C, Zhou C, Cavanaugh JM, et al. Quantitative electroencephalography in a swine model of blast-induced brain injury. *Brain Inj*. 2017; 31: 120–126.
25. Wiśniewska M, Gmitrowicz A, Pawełczyk N. Zastosowanie QEEG w psychiatrii z uwzględnieniem populacji rozwojowej. *Psychiatr Psychol Klin*. 2016; 16: 188–193.
26. Caviness JN, Hentz JG, Belden CM, et al. Longitudinal EEG changes correlate with cognitive measure deterioration in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis*. 2015; 5: 117–24.
27. Caviness JN, Utianski RL, Hentz JG. Differential spectral quantitative electroencephalography patterns between control and Parkinson's disease cohorts. *Eur J Neurol*. 2016; 23: 387–92.
28. Cozac VV, Chaturvedi M, Hatz F, et al. Increase of EEG Spectral Theta Power Indicates Higher Risk of the Development of Severe Cognitive Decline in Parkinson's Disease after 3 Years. *Front Aging Neurosci*. 2016; 8: 284.
29. Cozac VV, Gschwandtner U, Hatz F, et al. Quantitative EEG and Cognitive Decline in Parkinson's Disease. *Parkinsons Dis*. 2016; 2016: 9060649.
30. Ferreira D, Jelic V, Cavallin L, et al. Electroencephalography Is a Good Complement to Currently Established Dementia Biomarkers. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2016; 42: 80–92.
31. Verrusio W, Ettorre E, Vicenzini E, et al. The Mozart Effect: A quantitative EEG study. *Conscious Cogn*. 2015; 35: 150–5.
32. McVoy M, Lytle S, Fulchiero E, et al. A systematic review of quantitative EEG as a possible biomarker in child psychiatric disorders. *Psychiatry Res*. 2019; 279: 331–344.
33. Hatz F, Meyer A, Zimmermann R, et al. Apathy in Patients with Parkinson's Disease Correlates with Alteration of Left Fronto-Polar Electroencephalographic Connectivity. *Front Aging Neurosci*. 2017; 9: 262.
34. Rommel AS, Kitsune GL, Michelini G, et al. Commonalities in EEG Spectral Power Abnormalities Between Women With ADHD and Women With Bipolar Disorder During Rest and Cognitive Performance. *Brain Topogr*. 2016; 29: 856–866.
35. M. Pinkowicka. Wpływ treningu EEG-Biofeedback na wybrane funkcje poznawcze u dzieci. *Psychiatria*. 2015; 12(4): 255–264.
36. Pasternak J, Perenc L, Radochoński M. Podstawy psychopatologii dla pedagogów. Rzeszów: Wydawnictwo UR; 2017. p. 256–258.
37. van Dongen-Boomsma M, Lansbergen M M, Bekker E M, Sandra Kooij, et al. Relation between resting EEG to cognitive performance and clinical symptoms in adults with attentiondeficit/hyperactivity disorder. *Neurosci. Lett*. 2010; 469: 102–106.
38. Tye C, Rijsdijk F, McLoughlin G. Genetic overlap between ADHD symptoms and EEG theta power. *Brain Cogn*. 2014; 87: 168–172.
39. Thomas BL, Viljoen M. EEG brain wave activity at rest and during evoked attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and effects of methylphenidate. *Neuropsychobiology*. 2016; 73: 16–22.