

WERONIKA ROCHATKA

ORCID 0000-0003-3202-7040

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
w Poznaniu*

## ZASTOSOWANIE TRENINGU NEUROFEEDBACK W PRACY Z DZIEĆMI Z NIEPEŁNOSPRAWNOŚCIĄ INTELEKTUALNĄ W STOPNIU LEKKIM. PROJEKT PROCEDURY

*ABSTRACT.* Rochatka Weronika, *Zastosowanie treningu neurofeedback w pracy z dziećmi z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim. Projekt procedury* [Neurofeedback Training in Working with Children with a Mild Intellectual Disability: Procedure Design]. *Studia Edukacyjne* no. 61, 2021, Poznań 2021, pp. 259-275. Adam Mickiewicz University Press. ISSN 1233-6688. DOI: 10.14746/se.2021.61.14

As a method of training neurofeedback has proved to be effective in education and therapy of children (e.g., with ADHD, autism spectrum or specific learning disorders). However, there are no neurofeedback training protocols targeting individuals with a mild intellectual disability. Therefore, I designed a neurofeedback procedure for children with this disability; it focuses on attention span training. In this study I presented the pre-planned procedure to the child's parent to determine whether the proposed method is feasible for work with a child with a mild intellectual disability. After learning the parents' opinion, I indicate the possible further stages of developing a neurofeedback strategy for working with children with a mild intellectual disability. Finally, I demonstrate the future directions of research and planning of neurofeedback procedures for individuals with special needs.

**Key words:** neurofeedback, intellectual disability, learning problems, attention enhancement

### Wprowadzenie

Neurofeedback, znany również jako biofeedback EEG, jest jedną z metod terapii behawioralnej, wykorzystującej zapis aktywności fal mózgowych rejestrowanych w czasie rzeczywistym za pomocą aparatu elektroencefalograficznego (EEG). Dane, uzyskiwane dzięki elektrodom umieszczonym na głowie osoby trenującej, przesyłane są do komputera, a następnie zapisywane i analizowane przez odpowiednie oprogramowanie. Informacja zwrotna

dotycząca czynności bioelektrycznej mózgu przekazywana jest w formie wizualnej, dźwiękowej lub audiowizualnej. Podczas treningu natychmiastowy feedback pozwala uczestnikowi na świadomy wpływ i stopniową modyfikację swoich fal mózgowych, których w normalnych warunkach nie mógłby kontrolować. Mechanizm opisanego procesu samoregulacji oparty jest na warunkowaniu instrumentalnym, jak i klasycznym<sup>1</sup>. Neurofeedback jest metodą nieinwazyjną, oferującą dodatkowe możliwości rehabilitacji w terapii różnych zaburzeń. Nawet jeśli objawy mają biologiczne podłoże i wynikają ze zmian neurologicznych, biofeedback EEG może stanowić alternatywną formę oddziaływań terapeutycznych, wspomagających leczenie medyczne i farmakologiczne<sup>2</sup>. Ponadto, dzięki treningowi fal mózgowych, przy optymalnie dobranych ćwiczeniach i odpowiedniej liczbie sesji terapeutycznych, można uzyskać trwałe zmiany we wzorcach aktywności bioelektrycznej mózgu, objawiające się między innymi poprawą wybranych procesów poznawczych<sup>3</sup>.

Przez ostatnie dekady pojawiło się wiele badań, których celem było znalezienie zastosowania dla neurofeedbacku w leczeniu, terapii i rehabilitacji osób chorych, z niepełnosprawnościami lub z zaburzeniami psychicznymi. Od lat 60. XX wieku naukowcy starają się określić, w przypadku których zaburzeń ta metoda może być skuteczna i przynosić zamierzone efekty. Marzbani, Marateb oraz Mansourian przedstawili szczegółły techniczne i kliniczne terapii neurofeedbackiem, podsumowując prace badawcze na ten temat opublikowane w latach 1973-2011<sup>4</sup>. Analizując zebrane przez badaczy dane, można stwierdzić, że trening biofeedbacku EEG okazał się efektywny między innymi w przypadku osób z zaburzeniami depresyjnymi, schizofrenią, padaczką, bezsennością, czy z zaburzeniami lękowymi<sup>5</sup>. Zestawione wyniki poszczególnych badań dotyczących tego samego zaburzenia wskazują na to, że rezultaty uzyskane dzie-

---

<sup>1</sup> J.N. Demos, *Getting started with EEG neurofeedback*, New York 2019, s. 25; D.C. Hammond, *What is neurofeedback: An update*, *Journal of Neurotherapy*, 2011, 15(4), s. 305-336.

<sup>2</sup> J.I. Ali i in., *Efficacy of neurofeedback interventions for cognitive rehabilitation following brain injury: Systematic review and recommendations for future research*, *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2020, 26(1), s. 31-46; M.G. Dahl, *Neurofeedback with PTSD and Traumatic Brain Injury (TBI)*, [w:] *Restoring the Brain: Neurofeedback as an integrative approach to health*, red. H.W. Kirk, New York 2020, s. 256-284.

<sup>3</sup> D.C. Hammond, *What is neurofeedback*, s. 305-336; J.A. Micoulaud-Franchi i in., *Towards a Pragmatic Approach to a Psychophysiological Unit of Analysis for Mental and Brain Disorders: An EEG-Copeia for Neurofeedback*, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2019, 44(3), s. 151-172; W.H. Yeh i in., *Neurofeedback of alpha activity on memory in healthy participants: a systematic review and meta-analysis*, *Frontiers in Human Neuroscience*, 2020, 14, s. 562-360.

<sup>4</sup> H. Marzbani i in., *Neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications*, *Basic and Clinical Neuroscience*, 2016, 7(2), s. 143-158.

<sup>5</sup> Tamże.

ki terapii neurofeedbackiem są zróżnicowane. Prawdopodobnie jest to skutek wybranego przez różnych naukowców protokołu treningowego, liczby przeprowadzonych sesji terapeutycznych, użytych metod, technik oraz narzędzi badawczych, jak i postawionej w badaniu hipotezy. Od 2011 roku opublikowano wiele nowych prac badawczych na temat skuteczności neurofeedbacku w terapii różnych chorób i zaburzeń, których wyniki nie zostały uwzględnione w podanym zestawieniu. Inni autorzy wymieniają takie przypadki, jak: zespół stresu pourazowego (PTSD)<sup>6</sup>, zaburzenia odżywiania<sup>7</sup>, dziecięca trauma rozwojowa<sup>8</sup>, choroba Parkinsona<sup>9</sup>, czy występowanie przewlekłego bólu<sup>10</sup>, w których trening fal mózgowych znalazł zastosowanie. Szczególnie interesujące, z punktu widzenia nie tylko rehabilitacji czy leczenia, ale szeroko pojętych działań edukacyjnych, wydaje się wykorzystanie neurofeedbacku we wspomaganiu osób z zaburzeniami rozwojowymi. Podejście to dotyczy nie tylko odkrywania rozmaitych sposobów wspierania osób z niepełnosprawnościami<sup>11</sup>, ale także usprawniania wybranych funkcji poznawczych u tych osób, co przedstawię w dalszych rozważaniach.

Dzięki licznym badaniom klinicznym przeprowadzonym w ostatnich latach udowodniono, że neurofeedback przynosi pozytywne skutki w terapii niekorzystnych objawów u osób z ADHD<sup>12</sup> (ang. Attention Deficit Hyperactivity Disorder). Na przykład, Duric, Assmus, Gundersen i Elgen podzielili dzieci oraz nastolatki biorące udział w eksperymencie na trzy grupy: pierwsza uczestniczyła w 30 sesjach terapeutycznych z wykorzystaniem neurofeedbacku, druga grupa uczestniczyła w 30 sesjach i była leczona metylofenidatem, zaś trzecią leczono metylofenidatem i nie uczestni-

<sup>6</sup> T. Chiba i in., *Current status of neurofeedback for post-traumatic stress disorder: a systematic review and the possibility of decoded neurofeedback*, *Frontiers In Human Neuroscience*, 2019, 13, s. 233.

<sup>7</sup> J. Schmidt, A. Martin, *Neurofeedback against binge eating: A randomized controlled trial in a female subclinical threshold sample*, *European Eating Disorders Review*, 2016, 24(5), s. 406-416.

<sup>8</sup> A. Rogel i in., *The impact of neurofeedback training on children with developmental trauma: A randomized controlled study*, *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, 2020, 12(8), s. 918-929.

<sup>9</sup> I.H. Philippens i in., *Sensorimotor rhythm neurofeedback as adjunct therapy for Parkinson's disease*, *Annals of clinical and translational neurology*, 2017, 4(8), s. 585-590.

<sup>10</sup> R. Roy i in., *Neurofeedback for pain management: A systematic review*, *Frontiers in Neuroscience*, 2020, 14, s. 671.

<sup>11</sup> R. Raj i in., *Brain computer interfaced single key omni directional pointing and command system: a screen pointing interface for differently-abled person*, *Procedia Computer Science*, 2018, 133, s. 161-168; D. Yang i in., *A bipolar-channel hybrid brain-computer interface system for home automation control utilizing steady-state visually evoked potential and eye-blink signals*, *Sensors*, 2020, 20(19), s. 5474.

<sup>12</sup> M.G. Pimenta i in., *Treatment efficacy and clinical effectiveness of EEG neurofeedback as a personalized and multimodal treatment in ADHD: A critical review*, *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2021, 17, s. 637.

czyła w treningach<sup>13</sup>. Na podstawie opinii rodziców, naukowcy odnotowali poprawę umiejętności koncentracji uwagi oraz zmniejszenie objawów nadpobudliwości u wszystkich badanych grup. Badacze nie zaobserwowali znaczących różnic między wykorzystanymi metodami i zaproponowali zastosowanie neurofeedbacku jako alternatywnej terapii dla dzieci z ADHD w przypadku nieskuteczności leków lub w sytuacji, kiedy rodzice preferują postępowanie nefarmakologiczne.

Przechodząc do kolejnych doniesień, wydaje się, że przez lata osoby ze spektrum autyzmu były wyłączone z udziału w badaniach nad neurofeedbackiem, ze względu na trudności w spełnieniu wymagań behawioralnych do udziału w terapii<sup>14</sup>. LaMarca, Gevirtz, Lincoln i Pineda zasugerowali użycie metody TAGteach (ang. Teaching with Acoustic Guidance – metoda nauczania i komunikacji, która łączy pozytywne wzmocnienia z bodźcem akustycznym), by dzieci ze spektrum autyzmu mogły opanować oczekiwane umiejętności, to jest spokojne siedzenie na krześle, tolerowanie elektrod na ciele, powolne otwieranie i zamykanie prawej dłoni, skupienie wzroku na ekranie generującym bodźce wizualne, oraz by mogły uczestniczyć w treningach<sup>15</sup>. Badacze wykazali, że wykorzystanie narzędzia TAGteach w tym celu jest możliwe. Z kolei, w roku 2015 inna grupa badaczy przeprowadziła 16 sesji treningowych z użyciem biofeedbacku EEG w grupie 13 dzieci ze spektrum autyzmu w wieku 6-17 lat<sup>16</sup>. Godzinne treningi odbywały się 2-3 razy w tygodniu przez 6-8 tygodni. Terapia była zastosowana w celu poprawy ogólnego zachowania oraz regulacji funkcji poznawczych i emocji u dzieci. Badacze wykorzystali grę o nazwie Social Mirroring Game, która miała zachęcić uczestników do interakcji społecznych. Informację zwrotną stanowiło naśladowanie przez dzieci reakcji emocjonalnych obserwowanych na ekranie. Po całym cyklu spotkań naukowcy zdiagnozowali poprawę tych wzorców zachowań, które są niezbędne w poprawnych kontaktach społecznych. Dzieci biorące udział w badaniu rozwinęły umiejętność rozpoznawania emocji i spontanicznego ich naśladowania. Rodzice zaobserwowali zaś polepszenie zachowania ich dzieci w codziennych sytuacjach życiowych, przy zmniejszeniu objawów związanych ze spektrum autyzmu. Wobec opisanych wyników, badacze zasugerowali zbadanie długoterminowych skutków prowadzenia terapii neurofeedbackiem dla osób

<sup>13</sup> N.S. Duric i in., *Neurofeedback for the treatment of children and adolescents with ADHD: a randomized and controlled clinical trial using parental reports*, BMC Psychiatry, 2012, 12(1), s. 107.

<sup>14</sup> K. LaMarca i in., *Facilitating neurofeedback in children with autism and intellectual impairments using TAGteach*, Journal of Autism and Developmental Disorders, 2018, 48(6), s. 2090-2100.

<sup>15</sup> Tamże.

<sup>16</sup> E.V. Friedrich i in., *An effective neurofeedback intervention to improve social interactions in children with autism spectrum disorder*, Journal of Autism and Developmental Disorders, 2015, 45(12), s. 4084-4100.

ze spektrum autyzmu. Poza tym, wyrazili się pozytywnie na temat możliwych następstw wynikających z usprawniania umiejętności związanych z interakcjami społecznymi, między innymi wzmocnienie relacji z rodziną, ułatwienie nawiązywania relacji społecznych, a także daleko idące poprawienie zdrowia i samopoczucia.

Naukowcy starali się również znaleźć zastosowanie dla neurofeedbacku we wspomaganiu terapii i edukacji uczniów ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się<sup>17</sup>. Sittiprapaporn i Chang, poddając jednemu treningowi mózgu (składającemu się z zadań matematycznych i arytmetycznych) ośmiorgo dzieci w wieku 5-12 lat, zauważyli, że biofeedback EEG może usprawnić funkcje poznawcze u dzieci ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się<sup>18</sup>. U uczestników badania zaobserwowano poprawę szybkości rozwiązywania zadań, umiejętności rozwiązywania zadań problemowych, a także procesów uwagi i pamięci. Pozytywne efekty uzyskano również w badaniu wpływu neurofeedbacku na funkcjonowanie poznawcze dzieci z dysleksją rozwojową, którego celem było poprawienie umiejętności koncentracji uwagi i procesu kontroli hamowania reakcji, który w razie potrzeby pozwala osobie na blokowanie reakcji na bodziec, kiedy potencjalna odpowiedź jest przedwczesna, dominująca lub automatyczna<sup>19</sup>. W badaniu wzięło udział czworo dzieci w wieku 9-12 lat, u których zdiagnozowano dysleksję rozwojową. Z każdym uczestnikiem przeprowadzono 10 sesji treningowych, trwających 45 minut i odbywających się raz w tygodniu, w tym samym czasie i miejscu. Po zakończeniu terapii neurofeedbackiem, u wszystkich dzieci odnotowano poprawę umiejętności koncentracji uwagi, a u niektórych również poprawę procesów związanych z funkcjonowaniem uwagi dowolnej. Ponadto, uczestnicy wykazali postęp w zakresie czujności słuchowej, świadomości fonologicznej i procesu kontroli hamowania reakcji.

Wydaje się, że przez lata na temat wykorzystania neurofeedbacku w terapii osób z niepełnosprawnością intelektualną opublikowano znacznie mniej prac badawczych niż na przykład w przypadku osób z ADHD lub ze spektrum autyzmu. Hong i Lee postanowili przeprowadzić badania, których celem było zanalizowanie efektów terapii biofeedbackiem EEG osób

---

<sup>17</sup> R. Coben i in., *The impact of coherence neurofeedback on reading delays in learning disabled children: A randomized controlled study*, *NeuroRegulation*, 2015, 2(4), s. 168-168; M. Narimani i in., *Examining the effectiveness of neurofeedback treatment in brainwave, executive function and math performance of children with specific learning disorder with mathematics specifier*, *Journal of Learning Disabilities*, 2017, 6(3), s. 122-142.

<sup>18</sup> P. Sittiprapaporn, S.C. Chang, *Electroencephalographic study of real-time arithmetic task recognition in learning disabilities children*, *Asian Journal of Medical Sciences*, 2019, 10(1), s. 43-46.

<sup>19</sup> A. Au i in., *Does it help to train attention in dyslexic children: pilot case studies with a ten-session neurofeedback program*, *International Journal on Disability and Human Development*, 2014, 13(1), s. 45-54.

z niepełnosprawnością intelektualną w zakresie usprawniania procesów uwagi, jak i powstałych zmian aktywności bioelektrycznej mózgu, w porównaniu z treningiem percepcji wzrokowej lub brakiem oddziaływań<sup>20</sup>. 21 uczniów szkoły podstawowej z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim zostało losowo przydzielonych do trzech grup. Przez trzy miesiące siedmioro dzieci brało udział w trzech 30-minutowych sesjach terapeutycznych z użyciem neurofeedbacku w tygodniu, siedmioro uczestniczyło w treningach percepcji wzrokowej z taką samą częstotliwością, natomiast pozostałe siedmioro uczniów (grupa kontrolna) nie miało żadnych treningów. Po 36 sesjach okazało się, że w zakresie usprawniania procesów uwagi biofeedback EEG jest skuteczniejszy niż trening percepcji wzrokowej czy brak terapii. Dzieci z grupy neurofeedbacku zaprezentowały lepszą selektywność uwagi i umiejętność dłuższej jej koncentracji. Natomiast, badacze wykazali zmiany czynności bioelektrycznej w płacie czołowym mózgu u dzieci biorących udział w terapii neurofeedbackiem. Po trzech miesiącach od zakończenia sesji terapeutycznych naukowcy przeprowadzili ponowne testy u uczestników badania. Wyniki wykazały, że pozytywne efekty terapii neurofeedbackiem u uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim zostały zachowane i prawdopodobnie utrzymają się dłużej niż trzy miesiące. Hong i Lee zasugerowali, by sprawdzić, w jaki sposób osoby z niepełnosprawnością intelektualną mogą wykorzystać zdobyte dzięki treningowi umiejętności w codziennych sytuacjach życiowych.

Podsumowując, można więc stwierdzić, że neurofeedback jest metodą skutecznie stosowaną w terapii różnych zaburzeń, nadal pozostawiającą szerokie pole do badań i odkrywania nowatorskich sposobów wspomagania, edukacji, leczenia i rehabilitacji. Szczególnie owocne może być prowadzenie dalszych badań nad zastosowaniem neurofeedbacku w edukacji i terapii osób z niepełnosprawnością intelektualną. Hong i Lee zauważyli, że skoro neurofeedback jest skuteczny w terapii osób o pewnych neurologicznych deficytach, na przykład z ADHD lub ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się, to może dawać on również pozytywne efekty w terapii i rehabilitacji dzieci z niepełnosprawnością intelektualną<sup>21</sup>. W związku z tym, zaprojektowałam procedurę treningu neurofeedbacku dla dziecka z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim, którą zaprezentuję z niniejszej pracy. Nim procedura ta zostanie poddana eksperymentalnej weryfikacji, przeprowadziłam wywiad z rodzicem dziecka, celem określenia, czy taki sposób postępowania będzie możliwy do zaimplementowa-

<sup>20</sup> C. Hong, I. Lee, *Effects of neurofeedback training on attention in children with intellectual disability*, *Journal of Neurotherapy*, 2012, 16(2), s. 110-122.

<sup>21</sup> Tamże.



nia w „codziennym grafiku” dziecka z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim. Główne wnioski z tego badania także przedstawiam w tym artykule. W podsumowaniu wskazuję, jak mogłyby wyglądać dalsze etapy opracowywania strategii wykorzystania neurofeedbacku w pracy z dziećmi z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim.

## Projekt procedury

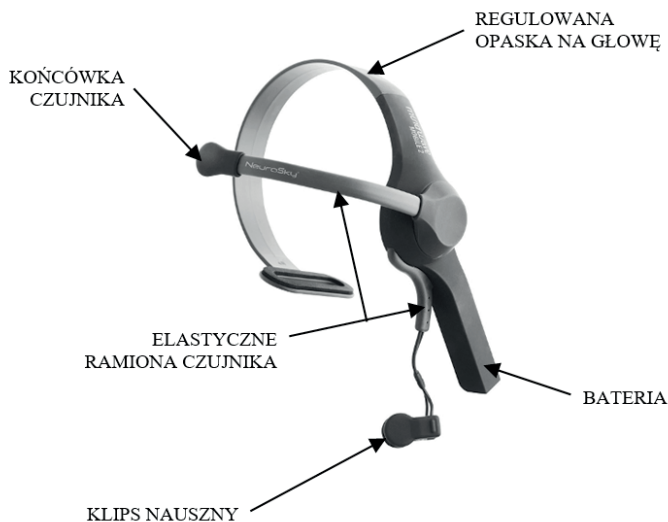
Niniejszą procedurę zaprojektowałam dla dziewięcioletniego ucznia z orzeczeniem o potrzebie kształcenia specjalnego, uczącego się w szkole ogólnodostępnej. Dziecko to ma przede wszystkim problemy z koncentracją uwagi, która jest bardzo łatwo rozpraszana. Występują u niego również deficyty w zakresie selektywności uwagi oraz problemy ze skupieniem podczas nauki, co powoduje trudności w zapamiętywaniu treści i uczeniu się ich na pamięć. Do tego projektu wybrałam taką osobę, ponieważ jej problemy i deficyty poznawcze, jak i trudności szkolne, z którymi się mierzy, są zbliżone do problemów grupy docelowej, czyli uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim.

Do realizacji treningu neurofeedbacku z dzieckiem wybrałam urządzenie Neurosky MindWave Mobile 2, zestaw słuchawkowy EEG oparty na interfejsie mózg-komputer (ang. BCI – Brain-Computer Interface). Posiada on sensory, umieszczane za pomocą zestawu słuchawkowego na czole oraz płątku ucha, które w czasie rzeczywistym za pośrednictwem elektrod rejestrują aktywność bioelektryczną mózgu podczas interakcji dziecka z aplikacjami (ryc. 1). Pojedyncza elektroda EEG znajduje się na końcówce czujnika w pozycji Fp1 – opierającego się na czole badanego nad lewym okiem. Natomiast w klipsie umieszczanym na płątku lewego ucha (pozycja A1) usytuowana jest elektroda referencyjna<sup>22</sup>. Urządzenie przesyła dane dotyczące zmian aktywności fal mózgowych (delta, theta, alfa, beta, gamma) oraz poziomów koncentracji i relaksacji, jak też mrugnięć powiekami, za pomocą interfejsu Bluetooth do komputera<sup>23</sup>. Urządzenie jest zasilane pojedynczą baterią AAA<sup>24</sup>.

<sup>22</sup> M. Klichowski, *Learning in CyberParks. A Theoretical and Empirical Study*, Poznań 2017, s. 164.

<sup>23</sup> W. Sałabun, *Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave*, *Przeгляд Elektrotechniczny*, 2014, 90(2), 169-174.

<sup>24</sup> S. Paszkiel, *Akwizycja sygnału EEG przy użyciu NeuroSky MindWave Mobile na potrzeby procesów sterowania realizowanych z poziomu systemu Android*, *Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering*, 2015, (84), 237-244.



Ryc. 1. Urządzenie MindWave Mobile 2 (Neurosky).

Zestaw słuchawkowy EEG z elektrodą EEG znajdującą się na końcówce czujnika oraz elektrodą referencyjną usytuowaną na klipsie nauszny.  
W miejscu niewidocznym na rycinie znajduje się przycisk zasilania

(źródło oraz opis rysunku na podstawie: Neurosky.com)

Podczas planowania procedury zaproponowałam użycie 4 aplikacji, z którymi dziecko ma wchodzić w interakcje za pośrednictwem zestawu słuchawkowego EEG. Funkcją każdej z nich jest ćwiczenie umiejętności koncentracji uwagi oraz dłuższego jej skupienia na danym zadaniu<sup>25</sup>. Ćwiczenia realizowane są w formie gier, dostosowanych trudnością i adekwatnych do wieku badanego dziecka. Aplikacje, które wybrałam do pracy z uczniem w ramach niniejszej procedury to: NeuroFun, The Adventures of NeuroBoy, FlappyMind oraz SpeedMath. Aplikacje The Adventures of Neuroboy oraz SpeedMath są aplikacjami, które mogą być zainstalowane bezpośrednio na komputerze. Natomiast aplikacje NeuroFun i FlappyMind są aplikacjami na telefon z systemem Android, jednakże za pomocą emulatora tego systemu mogą zostać uruchomione na komputerze.

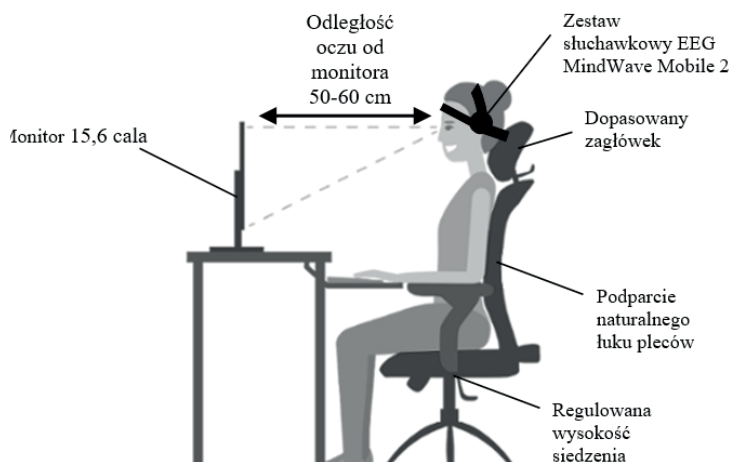
Zaplanowana procedura stanowi pilotażowe badanie fazy przygotowania mózgu dziecka do wytworzenia pierwszych określonych wzorców aktywności bioelektrycznej mózgu i osiągnięcia zadanego celu. Będzie to test procedury przygotowania i gotowości dziecka do uczestniczenia we właściwej, długoterminowej terapii neurofeedbackiem.

<sup>25</sup> T. Przybyła i in., *Zastosowania neurofeedbacku w edukacji matematycznej: Eksperyment SpeedMath z udziałem uczniów wyższych klas szkoły podstawowej*, [w:] *Liczybny w cyfrowym świecie. Rozmowy o współczesnej edukacji matematycznej dziecka*, red. T. Przybyła, Poznań 2021, s. 101-123.



W ramach procedury neurofeedbacku zaplanowałam przeprowadzenie treningu krótkoterminowego, liczącego 10 sesji treningowych z badanym. Uwzględniłam, że zajęcia będą odbywać się dwa razy w tygodniu, w tych samych dniach o tych samych godzinach, ustalonych wcześniej z rodzicem dziecka. W związku z tym całość badania pilotażowego będzie trwać 5 tygodni. Miejszem treningu neurofeedbacku ma być dom rodzinny dziecka, a sesje treningowe odbywać się w jego pokoju.

Stanowisko pracy z dzieckiem (ryc. 2) stanowi stabilne biurko w jego pokoju, na którym zostanie zainstalowany komputer. Monitor komputera powinien być umieszczony tyłem lub bokiem do źródła światła. Górna krawędź ekranu powinna znajdować się na wysokości oczu dziecka, a odległość oczu od monitora podczas każdej sesji treningowej wynosić około 50-60 cm. Podczas zajęć dziecko będzie siedzieć na krześle z regulowaną wysokością siedzenia i podłokietnikami oraz regulowaną wysokością oparcia. Oparcie krzesła powinno podierać kręgosłup lędźwiowy badanego, nadgarstki swobodnie spoczywać na blacie biurka, a stopy – na podłodze. Krzesło powinno mieć również regulowany zagłówek, aby jak najbardziej zwiększać komfort siedzenia podczas wykonywania zadań, a także pozwalać na odprężenie kręgosłupa szyjnych. Poprawne przyjęcie przedstawionej pozycji siedzącej pozwoli na odpowiednie wsparcie pleców, głowy oraz nóg dziecka, eliminując wystąpienie czynników, które mogłyby wpłynąć na przebieg treningu.



Ryc. 2. Miejsce badania.

Schemat przedstawiający prawidłową pozycję siedzącą osoby badanej, odpowiednią postawę ciała oraz umiejscowienie sprzętu w trakcie badania

(źródło: Lilanakani/Shutterstock.com; opis rysunku: opracowanie własne)

Czas trwania jednych zajęć z dzieckiem zaplanowałam na około 30 minut. Każda z sesji treningowych powinna rozpoczynać się od nawiązania kontaktu z badanym i krótkiej rozmowy, podczas której zostanie ustawione stanowisko pracy (ryc. 2) oraz wybrane odpowiednie ustawienia aplikacji. Podczas pierwszego spotkania dziecko zostanie zapoznane z urządzeniem, jego wyglądem i funkcjami oraz przebiegiem kolejnych treningów.

W początkowym etapie każdej sesji treningowej uczeń ma skoncentrować swoją uwagę na obiekcie widocznym na ekranie laptopa i nie może dotknąć przeszkody. Etap właściwy składa się z dwóch zadań. Pierwsze polega na skupieniu uwagi na wybranych przedmiotach znajdujących się na ekranie, by wprowadzić je w ruch lub zmienić ich stan. Podczas drugiego zadania dziecko ma poprawnie wykonać w określonym czasie jak najwięcej zadań matematycznych z dodawania i odejmowania. Z kolei, etap końcowy polega na wykonaniu dwóch ćwiczeń w ramach tej samej aplikacji. Jedno z zadań służy koncentracji, natomiast drugie – relaksacji. Przerwy pomiędzy realizacją poszczególnych zadań będą przeznaczone na odpoczynek dziecka. Ich długość zależy od jego potrzeb i możliwości w danym dniu treningu. Po wykonaniu wszystkich ćwiczeń, po każdym zajęciach, uczący się dostanie od prowadzącego informację zwrotną na temat swoich postępów w treningach. Opisaną powyżej procedurę przedstawiłam rodzicowi dziecka, dla którego została ona zaplanowana. Rodzic, w tym przypadku matka dziecka, wyraził swoją opinię na temat całej procedury i możliwości jej realizacji, odpowiadając na pytania zawarte w dostarczonym przeze mnie kwestionariuszu.

### **Opinie rodzica na temat procedury**

Po pierwsze, biorąc pod uwagę częstotliwość zajęć zaplanowanych w ramach niniejszej procedury, dotyczącej sprawdzenia skuteczności terapii neurofeedbackiem w pracy z dziećmi z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim, badana uważa, iż takie spotkania mogłyby odbywać się raz, ewentualnie dwa razy w tygodniu (przy założeniu, że będą regularne, zawsze o ustalonych wcześniej porach dnia i godzinach). Jako jeden z głównych czynników determinujących taką organizację sesji treningowych matka dziecka podała inne zajęcia dodatkowe oraz rehabilitacyjne, w których bierze ono udział w ciągu tygodnia. Jednakże, według matki dziecka możliwe są systematyczne spotkania z nim. Badanej trudno było dokładnie określić, jaka pora dnia byłaby najlepsza do organizacji tego typu zajęć. Według niej, pora dnia spotkania będzie zależeć przede wszystkim od tego, na którą godzinę dziecko będzie chodzić do szkoły. W przypadku rozpoczynania lekcji o 10:00 lub 11:00, spotkania mogłyby się odbywać o godzinie 8:00. Natomiast,

gdyby zdecydować się na sesje treningowe po powrocie dziecka do domu, musiałyby odbywać się one około godzinę po zakończonych zajęciach szkolnych. Każda z sesji treningowych, w trakcie których dziecko ma wykonywać zadania wymagające od niego koncentracji uwagi, ma według planu trwać około 30 minut. Zdaniem badanej, jej dziecko nie powinno mieć problemów ze skupieniem uwagi na zadanych ćwiczeniach przez wyznaczone pół godziny. Czynnikiem, który według badanej mógłby rozpraszać dziecko podczas realizowania zajęć jest fakt, iż jej dziecko jest bardzo rozmowne. Zauważyła, że czasami chęć rozmowy z osobą prowadzącą zajęcia może być silniejsza od próby koncentracji uwagi na zadaniu.

Po drugie, badana uważa, iż nie powinno być żadnych problemów w zapoznaniu dziecka z urządzeniem Neurosky MindWave Mobile 2 podczas pierwszego spotkania. Matka dziecka zwróciła uwagę na fakt, że dziecko często miało kontakt z nowymi urządzeniami wykorzystywanymi w trakcie różnego rodzaju zajęć rehabilitacyjnych. Ponadto, badana zaznaczyła, że jej dziecko jest odważne i bardzo komunikatywne. W związku z tym, po dokładnym wytłumaczeniu dziecku, jak działa zestaw słuchawkowy EEG i zaprezentowaniu, jak się go zakłada na głowę, badane dziecko powinno czuć się komfortowo biorąc udział w zajęciach. Matka została również poproszona o sprecyzowanie poziomu umiejętności matematycznych dziecka. Informacja ta jest potrzebna, aby odpowiednio dostosować jedno z zadań z etapu właściwego zajęć, w trakcie którego dziecko ma poprawnie wykonać w określonym czasie jak najwięcej zadań matematycznych z dodawania i odejmowania. Badana powiedziała, że dziecko dodaje i odejmuje w zakresie 100, a nawet powyżej 100. Uważa również, iż poradziłoby sobie z dodawaniem i odejmowaniem w zakresie 1000.

Po trzecie, zdaniem badanej komunikaty kierowane do jej dziecka w trakcie spotkań powinny być proste, czyli jakie zwykle wypowiada się do ucznia w trakcie prowadzenia zajęć. Badana sądzi, że bez problemu powinno również zrozumieć komunikaty złożone. Ponadto, wskazuje na fakt, iż jej dziecko zawsze oczekuje informacji o tym, czy w trakcie zajęć wykonuje coś dobrze czy źle. W związku z tym, informację zwrotną dotyczącą postępów dziecka w kolejnych treningach najlepiej przekazywać mu po każdym wykonanym zadaniu, jak i po zakończonej sesji treningowej. Według badanej, dla jej dziecka największą motywację w trakcie zajęć stanowi pochwała słowna. Zaznaczyła również, iż lubi nowe wyzwania, jest odważne, o czym już wcześniej wspomniano, więc można ten fakt wykorzystać przy planowaniu z nim pracy.

Należy podkreślić, że badana nie wskazała na żadne dodatkowe aspekty dotyczące procedury czy realizacji zajęć z dzieckiem, które byłyby dla niej ważne i mogłyby być istotne dla przedstawionego projektu treningu neurofe-

edbacku. Na podstawie informacji zebranych za pośrednictwem kwestionariusza zawierającego pytania do rodzica na temat procedury można wysnuć konkretne wnioski, które mogłyby być przydatne w przyszłości, w trakcie dalszego planowania i realizacji treningu, co zaprezentuję poniżej.

## Dyskusja i podsumowanie

Aby wypełnić lukę związaną z brakiem procedur stosowania treningu neurofeedbacku w pracy z dziećmi z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim, stworzyłam autorski projekt takiego oddziaływania. Przeprowadziłam także badanie, celem uzyskania informacji od rodzica dziecka, które mogą być pomocne dla udoskonalenia procedury takiego treningu. Poniżej podsumowuję zebrane dane i wskazuję obszary takich udoskonaleń, które mogą być przydatne dla innych badaczy lub terapeutów i pedagogów specjalnych, chcących wykorzystać biofeedback EEG w pracy z dziećmi z lekką niepełnosprawnością intelektualną.

W kontekście częstotliwości zajęć matka dziecka wskazała na możliwość ich organizacji raz, ewentualnie dwa razy w tygodniu, co jest według badanej maksymalną liczbą zajęć tego rodzaju w tygodniu. Jest to zgodne z tym, co zostało opisane we wstępnie zaplanowanej procedurze. Biorąc pod uwagę cel treningu neurofeedbacku, jak i możliwe do uzyskania w jego toku efekty, warto zadbać, aby zajęcia z dzieckiem odbywały się dwa razy w tygodniu. Ważne, żeby sesje treningowe były realizowane systematycznie, dlatego wskazane jest wcześniejsze ustalenie z rodzicami dziecka konkretnych dni tygodnia i godzin spotkań, co pozwoli uniknąć zapomnienia o nich lub ich pominięcia. Podczas uzgadniania planu zajęć należy wziąć pod uwagę również to, że dziecko, według tego co powiedziała badana, uczestniczy w innych zajęciach dodatkowych oraz rehabilitacyjnych. W związku z tym, warto zaplanować zajęcia z wykorzystaniem neurofeedbacku tak, aby nie kolidowały z pozostałymi aktywnościami dziecka w ciągu dnia, a ono miało czas na odpoczynek. Należy zadbać, żeby dziecko, mimo dużej ilości zajęć, czuło się komfortowo, nie stresowało się tym, że na przykład nie zdąży odrobić zadania domowego albo za chwilę musi iść do szkoły lub na inne zajęcia. W tym przypadku niezwykle ważna jest współpraca z rodzicami i samym dzieckiem, aby termin zajęć został odpowiednio dopasowany do okoliczności i możliwości dziecka. Podobnie należałoby postępować rozpatrując porę dnia najlepszą do organizacji sesji treningowych. Badana wskazała dwie możliwości – rano, przed lekcjami dziecka bądź po południu, godzinę po zakończonych przez dziecko lekcjach w szkole. W takiej sytuacji warto wspólnie z rodzicami dziecka zastanowić się, w jakim czasie zajęcia związane z wykonywaniem

określonych zadań przy komputerze byłyby najskuteczniejsze – rano czy po południu. Istotne jest, aby dobrze rozważyć możliwości koncentracji uwagi dziecka o danej porze dnia, jak i inne aspekty, które zostały wspomniane wyżej, na przykład udział dziecka w innych zajęciach dodatkowych oraz rehabilitacyjnych w ciągu całego tygodnia. Wybranie odpowiedniej pory dnia na realizację sesji treningowych pozwoli na uzyskanie optymalnych rezultatów badania i uniknięcie czynników je zaburzających.

Na początku pierwszego spotkania nie można zapomnieć o tym, żeby urządzenie zostało dziecku odpowiednio zaprezentowane, w sposób dostosowany do jego możliwości poznawczych. Badana zauważyła, iż nie powinno być żadnych problemów z zapoznaniem dziecka z urządzeniem, z uwagi na jego kontakt z różnego rodzaju sprzętem podczas zajęć rehabilitacyjnych. Zatem, w tym wypadku należałoby pokazać dziecku sprzęt, opowiedzieć o nim i zaprezentować, jak urządzenie to zakłada się na głowę najpierw na sobie, a następnie na głowie dziecka, nie obawiając się, że będzie ono tą sytuacją zestresowane czy przestraszone. Warto pamiętać, aby urządzenie w poprawny sposób założyć oraz dopasować do głowy dziecka, pytając je w trakcie, czy wszystko w porządku i czy czuje się komfortowo. Zdaniem badanej matki, dziecko nie będzie miało problemów z koncentracją uwagi przez 30 minut zajęć przy komputerze. Warto sprawdzić to na początku zajęć, ponieważ niektóre zadania mogą okazać się zbyt trudne dla dziecka, ze względu na konieczność dużego skupienia uwagi. W związku z tym należy odpowiednio dostosować zadawane ćwiczenia do możliwości dziecka, szczególnie podczas pierwszych spotkań. Kolejnym krokiem jest również właściwe zaplanowanie przerw, jeżeli byłoby to potrzebne dziecku w danym dniu zajęć. Przerwy mogłaby stanowić trzyminutowa relaksacja z zamkniętymi oczami przy muzyce, na przykład po każdym etapie zajęć lub po każdym wykonanym zadaniu. Z czasem przerwy mogą stawać się coraz krótsze. Istnieje też taka możliwość, że przerwy w ogóle nie będą konieczne, dlatego nie można zapomnieć o dokładnym obserwowaniu dziecka podczas każdych zajęć i pytaniu go o samopoczucie. Badana zauważyła, że chęć rozmowy dziecka z osobą prowadzącą może być silniejsza od próby koncentracji. W związku z tym warto uzgodnić wcześniej z dzieckiem konkretne zasady obowiązujące podczas zajęć. Wtedy, na początku każdego spotkania, można zapytać je, co lubi, co robiło w danym dniu, czym się interesuje i w ten sposób spędzić z nim czas. Po chwili rozmowy należy zasygnalizować, że zajęcia się rozpoczynają i skupić na nich uwagę dziecka. W trakcie przerw, jeżeli będą wymagane, także należy próbować nie rozpraszać uwagi dziecka, by potem sprawnie mogło wrócić do wykonywania zadań. Jeżeli będzie ono chciało rozmawiać, można użyć takich komunikatów, jak: „Porozmawiamy po zajęciach” czy „Porozmawiamy, jak skończymy”

i zapewnić je, że później będzie czas na rozmowę, zabawę i zajmowanie się czymś innym. Należy też zadbać, aby nikt nie przeszkadzał dziecku w trakcie zajęć i nie rozpraszał jego uwagi. Z powodu rozmowności dziecka można założyć, że zapewne będzie też chciało porozmawiać na temat zadań. W tym wypadku dobrze byłoby skierować jego uwagę na zajęcia i na tym skupić jego zainteresowanie. Następną rzeczą, o którą warto zadbać, jest usunięcie wszelkich dystraktorów, które mogłyby rozpraszać uwagę dziecka w trakcie zajęć, jak na przykład zabawki, ulubione przedmioty. Można je wspólnie schować na czas zajęć i wyjąć po ich zakończeniu. Warto z uwagą zorganizować pokój dziecka oraz miejsce pracy, wzorując się na planie przedstawionym na rycinie 2, na ile pozwalają na to warunki i okoliczności. Należy pamiętać również o odpowiednim dostosowaniu zadań matematycznych z etapu właściwego zajęć do umiejętności dziecka. Ważne, aby nie były za trudne, ponieważ będą zniechęcać do wykonywania zadania. Na podstawie informacji uzyskanej od rodzica, warto zacząć od dodawania i odejmowania w zakresie 100, gdyż z tym dziecko nie ma problemów.

We wstępnie zaplanowanej procedurze nie uwzględniono kwestii komunikatów kierowanych do dziecka podczas sesji treningowych. Początkowo powinny być one proste, jednozdaniowe. Należałoby je pytać, czy wszystko rozumie i oczekiwać odpowiedzi lub reakcji z jego strony. Jeżeli będzie wszystko rozumieć, można także kierować do niego komunikaty złożone. Niezwykle ważne jest, żeby dziecko rozumiało wszystkie przekazywane mu informacje. Od tego również zależy efektywność zajęć. W trakcie badań powinno posiadać wszelką potrzebną mu wiedzę, czuć się pewnie i, jak już wcześniej wspomniano, komfortowo, a nie zagubione w natłoku przekazywanych mu informacji czy zestresowane. Jak zauważyła badana, informacja zwrotna dotycząca postępów dziecka w treningach powinna być mu przekazywana po każdym zadaniu, jak i po całych zajęciach. W związku z tym nasuwa się pytanie, jakie miałyby być to komunikaty – proste, złożone, czy może dotyczące konkretnych wyników. Dzięki uzyskanej informacji zwrotnej w terapii neurofeedbackiem, uczestnik ma mieć świadomy wpływ na swoje fale mózgowie<sup>26</sup>. Warto zatem dostosować przekazywaną informację zwrotną do tego, czego dziecko oczekuje i jakiego rodzaju informacje są dla niego przydatne, a także motywujące do dalszej pracy. W celu zachęcenia dziecka do udziału w zajęciach, warto nagradzać je pochwałą słowną, która zdaniem matki dziecka stanowi dla niego największą motywację. Pochwała ta powinna być dla dziecka zrozumiała, jak na przykład: „Świetnie sobie poradziłeś/poradziłaś”, „Brawo”, „Dobrze”. Warto również wykorzystać to, że dziecko jest odważne i lubi nowe wyzwania, co znacznie może pomóc w realizacji za-

<sup>26</sup> D.C. Hammond, *What is neurofeedback*, s. 305-336.



jęć, ponieważ będzie ono mogło czerpać radość z udziału w nich i odczuwać motywację do wykonywania kolejnych zadań.

Przeprowadzone badanie jest znaczące w przypadku ich kontynuowania, już podczas właściwej pracy z dzieckiem. Odpowiedzi uzyskane od badanej pozwoliły na spojrzenie na projekt treningu neurofeedbacku z perspektywy rodzica, który zna swoje dziecko, wie co ono lubi, jakie ma możliwości i umiejętności oraz jak może reagować na pewne sytuacje, na przykład na urządzenie wykorzystywane w trakcie spotkań. Wcześniejsze przedstawienie rodzicowi informacji na temat przebiegu zajęć oraz zadanie pytań w celu uzyskania opinii pozwoliło na nawiązanie pierwszego z nim kontaktu, a przede wszystkim – na ulepszenie procedury badawczej. Pozytywne nastawienie rodzica do zajęć jest bardzo ważne, może stworzyć odpowiednią atmosferę, w której dziecku będzie łatwo się odnaleźć i chętniej brało udział w zajęciach indywidualnych. Jest to szczególnie istotne w przypadku korzystania z technologii informacyjno-komunikacyjnych, z którymi dziecko, jak i rodzic mogą mieć styczność po raz pierwszy.

Podsumowując, niniejszy artykuł dotyczący wykorzystania terapii neurofeedbackiem w pracy z dziećmi z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu lekkim może stanowić dobrą podstawę do podejmowania kolejnych badań w tym kierunku. W wyniku przeprowadzonych badań i poznania opinii rodzica dziecka, które potencjalnie ma brać udział w zajęciach, zostały uwzględnione aspekty procedury, których wcześniej w projekcie tego eksperymentu nie było bądź były, ale zostały zweryfikowane tak, by metoda neurofeedbacku mogła być jak najefektywniej wykorzystana w pracy z dzieckiem z deficytami poznawczymi. Dzięki temu dalsze badania dotyczące sprawdzenia rezultatów zastosowania neurofeedbacku w terapii i rehabilitacji osób z niepełnosprawnością intelektualną będą mogły zostać przeprowadzone skuteczniej, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb i możliwości tych osób.

**Podziękowania.** Podczas przygotowywania niniejszego artykułu Autorka była wspierana przez grant European Cooperation in Science and Technology: *European Network on Brain Malformations (Neuro-MIG)* (CA COST Action CA16118), którego naukowym koordynatorem jest Michał Klichowski.

## BIBLIOGRAFIA

- Ali J.I., Viczko J., Smart C.M., *Efficacy of neurofeedback interventions for cognitive rehabilitation following brain injury: Systematic review and recommendations for future research*, Journal of the International Neuropsychological Society, 2020, 26(1).

- Au A., Ho G.S., Choi E.W., Leung P., Waye M.M., Kang K., Au, K.Y., *Does it help to train attention in dyslexic children: pilot case studies with a ten-session neurofeedback program*, International Journal on Disability and Human Development, 2014, 13(1).
- Chiba T., Kanazawa T., Koizumi A., Ide K., Taschereau-Dumouchel V., Boku S., ..., Kawato M., *Current status of neurofeedback for post-traumatic stress disorder: a systematic review and the possibility of decoded neurofeedback*, Frontiers in Human Neuroscience, 2019, 13.
- Coben R., Wright E.K., Decker S.L., Morgan T., *The impact of coherence neurofeedback on reading delays in learning disabled children: A randomized controlled study*, NeuroRegulation, 2015, 2(4).
- Dahl M.G., *Neurofeedback with PTSD and Traumatic Brain Injury (TBI)*, [w:] *Restoring the Brain: Neurofeedback as an integrative approach to health*, red. H.W. Kirk, Routledge, New York 2020.
- Demos J.N., *Getting started with EEG neurofeedback*, WW Norton & Company, New York 2019.
- Duric N.S., Assmus J., Gundersen D., Elgen, I.B., *Neurofeedback for the treatment of children and adolescents with ADHD: a randomized and controlled clinical trial using parental reports*, BMC Psychiatry, 2012, 12(1).
- Friedrich E.V., Sivanathan A., Lim T., Suttie N., Louchart S., Pillen S., Pineda J.A., *An effective neurofeedback intervention to improve social interactions in children with autism spectrum disorder*, Journal of Autism and Developmental Disorders, 2015, 45(12).
- Hammond D.C., *What is neurofeedback: An update*, Journal of Neurotherapy, 2011, 15(4).
- Hong C., Lee I., *Effects of neurofeedback training on attention in children with intellectual disability*, Journal of Neurotherapy, 2012, 16(2).
- Klichowski M., *Learning in CyberParks. A Theoretical and Empirical Study*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2017.
- LaMarca K., Gevirtz R., Lincoln A.J., Pineda, J.A., *Facilitating neurofeedback in children with autism and intellectual impairments using TAGteach*, Journal of Autism and Developmental Disorders, 2018, 48(6).
- Marzbani H., Marateb H.R., Mansourian M., *Neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications*, Basic and Clinical Neuroscience, 2016, 7(2).
- Micoulaud-Franchi J.A., Batail J.M., Fovet T., Philip P., Cermolacce M., Jaumard-Hakoun A., Vialatte F., *Towards a Pragmatic Approach to a Psychophysiological Unit of Analysis for Mental and Brain Disorders: An EEG-Copeia for Neurofeedback*, Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2019, 44(3).
- Narimani M., MohajeriAval N., Ensafi E., *Examining the effectiveness of neurofeedback treatment in brainwave, executive function and math performance of children with specific learning disorder with mathematics specifier*, Journal of Learning Disabilities, 2017, 6(3).
- Paszkiewicz S., *Akwizycja sygnału EEG przy użyciu NeuroSky MindWave Mobile na potrzeby procesów sterowania realizowanych z poziomu systemu Android*, Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering, 2015, (84).
- Philippens I.H., Wubben J.A., Vanwersch R.A., Estevao D.L., Tass P.A., *Sensorimotor rhythm neurofeedback as adjunct therapy for Parkinson's disease*, Annals of Clinical and Translational Neurology, 2017, 4(8).
- Pimenta M.G., Brown T., Arns M., Enriquez-Geppert S., *Treatment efficacy and clinical effectiveness of EEG neurofeedback as a personalized and multimodal treatment in ADHD: A critical review*, Neuropsychiatric Disease and Treatment, 2021, 17.
- Przybyła T., Duszczyk M., Kruszwicka A., Rochatka W., Klichowski M., *Zastosowania neurofeedbacku w edukacji matematycznej: Eksperyment SpeedMath z udziałem uczniów wyższych*

- klas szkoły podstawowej, [w:] *Liczby w cyfrowym świecie. Rozmowy o współczesnej edukacji matematycznej dziecka*, red. T. Przybyła, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2021.
- Raj R., Deb S., Bhattacharya P., *Brain computer interfaced single key omni directional pointing and command system: a screen pointing interface for differently-abled person*, *Procedia Computer Science*, 2018, 133.
- Rogel A., Loomis A.M., Hamlin E., Hodgdon H., Spinazzola J., van der Kolk B., *The impact of neurofeedback training on children with developmental trauma: A randomized controlled study*, *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, 2020, 12(8).
- Roy R., de la Vega R., Jensen M.P., Miro J., *Neurofeedback for pain management: A systematic review*, *Frontiers in Neuroscience*, 2020, 14.
- Sałabun W., *Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave*, *Przeгляд Elektrotechniczny*, 2014, 90(2).
- Schmidt J., Martin A., *Neurofeedback against binge eating: A randomized controlled trial in a female subclinical threshold sample*, *European Eating Disorders Review*, 2016, 24(5).
- Sittiprapaporn P., Chang S.C., *Electroencephalographic study of real-time arithmetic task recognition in learning disabilities children*, *Asian Journal of Medical Sciences*, 2019, 10(1).
- Yang D., Nguyen T.H., Chung W.Y., *A bipolar-channel hybrid brain-computer interface system for home automation control utilizing steady-state visually evoked potential and eye-blink signals*, *Sensors*, 2020, 20(19).
- Yeh W.H., Hsueh J.J., Shaw F.Z., *Neurofeedback of alpha activity on memory in healthy participants: a systematic review and meta-analysis*, *Frontiers in Human Neuroscience*, 2020, 14.