

***Elżbieta Lubińska-Kościółek***

Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

## **Zastosowanie techniki EEG i QEEG w diagnozie osób z zespołem Downa**

### **Wprowadzenie**

Zespół Downa, występujący w krajach europejskich z częstotliwością 1 na 1000 żywo urodzonych noworodków (EUROCAT 2015), stanowi najczęstszą aberrację chromosomów autosomalnych. Obecność najmniejszego z ludzkich chromosomów – chromosomu 21 (lub jego ramion długich), w kariotypie skutkuje charakterystycznymi cechami dysmorficznymi, opóźnieniem tempa rozwoju somatycznego, dużymi wadami narządowymi i układowymi, w tym zaburzeniami strukturalnymi i funkcjonalnymi ośrodkowego układu nerwowego (Sadowska i in., 2008). Niepełnosprawność intelektualna różnego stopnia jest najistotniejszą cechą kliniczną tego zespołu (Delabar 2007). Ujawnione nieprawidłowości w budowie mózgu osób z zespołem Downa dotyczą zwłaszcza trzech obszarów, których objętość jest zmniejszona: kory mózgowej, mózdzku oraz hipokampu (Haydar i Reeves 2012).

O odmienności genetycznej osób z zespołami genetycznymi nie decyduje pojedynczy gen, lecz, jak podkreśla Alina Midro (2008), układy powiązań pomiędzy różnymi genami, których ekspresja warunkowana jest wieloma czynnikami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Nie cała informacja zapisana w genach, określana w tym wypadku przez obecność chromosomu 21, musi być wprowadzana do komórki. Ostatecznie fenotyp zachowania, który zgodnie z definicją Flinta i Yule'a (za: Midro 2008: 31), stanowi pewien zbiór powtarzalnych i mierzalnych cech (ruchowych, poznawczych, lingwistycznych, społecznych) związanych stale z określonym schorzeniem natury biologicznej, podlega jednak modyfikacjom w ciągu całego życia człowieka. A zatem planując proces rehabilitacji osoby z zespołem genetycznym, należy wziąć pod uwagę i poddać analizie wiele danych, opisujących rozwój osoby zarówno w wymiarze biologicznym, jak i społecznym. Właściwemu doborowi celów rehabilitacji i efektywność podejmowanych oddziaływań sprzyjają coraz bardziej precyzyjne, opierające się o zaawansowane technologie metody diagnostyczne, stanowiące doskonałe uzupełnienie tradycyjnych

metod oceny rozwoju. Techniki takie jak EEG/QEEG są coraz powszechniej stosowane nie tylko w praktyce psychologicznej, lecz mogą również znaleźć zastosowanie w pedagogice specjalnej (Zielińska 2015, 2016).

### **Techniki neuroobrazowania: EEG/QEEG – podstawowe informacje**

Neuroobrazowanie obejmuje techniki elektro- i magnetofizjologiczne, pozwalające na badanie elektrycznej lub magnetycznej aktywności neuronów: Do tej grupy zaliczane są również metody tomograficzne (Jaśkowski 2008).

Badanie EEG jest metodą diagnostyczną umożliwiającą nieinwazyjną rejestrację czynności elektrycznej mózgu. Zapis sygnału dokonuje się dzięki odpowiedniej lokalizacji elektrod pomiarowych na powierzchni skóry głowy oraz wzmacnianiu sygnału. Każda z komórek wytwarza wokół siebie pole elektryczne, a także słabe pole magnetyczne. Elektroencefalogram uśrednia aktywności elektryczną komórek znajdujących się wokół danej elektrody. Rejestrowana aktywność wynika ze wszystkich procesów, w które aktualnie zaangażowany jest mózg (analiza bodźców, planowanie, uczenie się etc.). Rejestrowana jest również aktywność neuronów, które nie są pobudzane przez inne neurony. Poddając zapis analizie, zwraca się uwagę na częstotliwość i amplitudę czynności podstawowej oraz ich zgodność w obu półkulach, a także nasilenie i charakter nieprawidłowości (Jaśkowski 2008).

W zapisie EEG wyróżnia się fale oraz rytmy (powtórzenia fal). Hans Berger jako pierwszy zwrócił uwagę na właściwą zapisowi EEG w pewnych sytuacjach (stanach psychologicznych) cykliczność. Najłatwiejszy do zaobserwowania jest rytm alfa (częstotliwość: 8–12 Hz, amplituda: 30–50 $\mu$ V). pojawiający się szczególnie wyraźnie w stanie czuwania i spokoju przy oczach zamkniętych. Najwyższe amplitudy alfa rejestrowane są w odprowadzeniach potylicznych i ciemieniowych. Jego zatrzymanie lub niską amplitudę łączyć można z wysokim stanem ogólnego wzbudzenia, odbiorem i przetwarzaniem informacji (Jaśkowski 2008). W praktyce klinicznej analizie poddawane są ponadto najczęściej rytmy:

- theta (3–7 Hz, 4–7 Hz lub 4–8 Hz) związane z wydobywaniem informacji z pamięci oraz procesem uwagi. U dorosłych ludzi przewaga fal theta w stanie czuwania może wiązać się z sennością i wyłączeniem świadomości (Thompson i Thompon 2003: 72);
- delta (0,5–3 Hz) fale dominujące u niemowląt, występują także podczas snu u osób w różnym wieku, osób mających problemy z uczeniem się oraz w przypadku uszkodzenia mózgu. Można przypuszczać, że rytm delta związany jest zarazem z procesami motywacyjnymi, jak i uwagą, a zwłaszcza umiejętnością odkrywania i dekodowania istotnych bodźców w środowisku;
- beta 1 (15–18 Hz) – stan właściwy dla wykonywania zadań umysłowych. Wysoka częstotliwość oznacza stan gotowości do wykonywania zadań twórczych i myślenia abstrakcyjnego. Niski poziom fali beta związany jest z obniżeniem możliwości intelektualnym, zaburzeniami uwagi;

- beta 2 (18–30 Hz) towarzyszy intensywnej pracy umysłowej, jednak związana jest ze stanem wysokiego napięcia emocjonalnego, niepokoju. Ujawnia się szczególnie w stanach lękowych;
- SMR (13–15 Hz) – rytm sensomotoryczny – towarzyszy stanowi odprężenia i relaksu, związanego ze stanem zewnętrznej uwagi. Jest związany z przetwarzaniem informacji sensorycznej. Niski SMR może odzwierciedlać brak zogniskowanej uwagi (Thompson i Thompson 2003).

QEEG (elektroencefalografia ilościowa) pozwala określić i zobrazować wzorce aktywności elektrycznej mózgu, umożliwiając ilościową i jakościową analizę różnych aspektów sygnału EEG. Dzięki cyfrowemu przełożeniu sygnału można zaobserwować rozkład i amplitudę poszczególnych pasm częstotliwości w obszarze kory mózgowej i dostrzec te nieprawidłowości w zapisie, które mogą umożliwić wnioskowanie na temat istniejących zaburzenia (Thompson i Thompson 2003: 183). Uzyskane wyniki obrazowane są w postaci map topograficznych i odnoszone do bazy normatywnej, obejmującej dane na temat aktywności bioelektrycznej mózgu pacjentów w określonych przedziałach wiekowych. Badanie może być prowadzone w stanie spoczynku przy oczach otwartych bądź zamkniętych, a także podczas wykonywania różnego rodzaju zadań (potencjały wywołane). Podstawowa klasyfikacja potencjałów wywołanych dotyczy modalności bodźca (potencjały słuchowe, potencjały wzrokowe, potencjały somatosensoryczne). Psychologowie najczęściej odwołują się jednak do rozróżnienia na potencjały egzogenne, a więc te, warunkowane głównie cechami bodźca (na przykład jego częstotliwością) oraz potencjały endogenne, których cechy wynikają przede wszystkim z aktywności samego podmiotu. Wiele potencjałów zawiera w istocie oba komponenty. Jednak dla podkreślenia, że potencjały endogenne nie są wzbudzone przez bodźce (evoked), lecz towarzyszą pewnym zdarzeniom, w literaturze angielskiej pojawił się termin ERP (evoked-related potentials).

ERP zajmują istotne miejsce w badaniach z zakresu psychofizjologii oraz psychologii poznawczej. Wśród potencjałów endogennych o specyficznym znaczeniu psychologicznym wymienić można: negatywną falę oczekiwania, potencjał gotowości oraz potencjał P300 (Sosnowski 2000).

### **Aktywność bioelektryczna mózgu osób z zespołem Downa w kontekście badań naukowych i procesu rehabilitacji**

Techniki neuroobrazowania otwierają naukowcom nową drogę do zrozumienia genetycznego podłoża funkcjonowania mózgu. Badania naukowe osób z zespołami genetycznymi prowadzone z użyciem neurotechnologii służą przede wszystkim wyjaśnieniu istoty funkcjonowania poznawczego, poszukiwaniu określonych wzorców i związanych z funkcjonowaniem mózgu prawidłowości, które mogą ułatwiać postawienie trafnej diagnozy, jak również opracowywanie modeli terapeutycznych.

Po raz pierwszy dane na temat bioelektrycznej czynności mózgu osób z zespołem Downa zostały zaprezentowane w 1939 roku. Kreezer obserwował rytm alfa u 50 pacjentów w wieku od 16 do 56 lat i stwierdził korelację pomiędzy wiekiem

umysłowym badanych oraz amplitudą rytmu alfa. Kolejne badania osób z zespołem Downa pozwoliły na określenie następujących specyficznych prawidłowości dotyczących aktywności bioelektrycznej mózgu omawianej grupy: obniżenie częstotliwości w paśmie alfa (Gammerson 1945; Schlack, Szmidt-Schultz 1977), obecność w zapisie EEG fal ostrych i iglic w przypadkach, w których nie została zdiagnozowana epilepsja (Gibbs 1965), wyraźny spadek aktywności alfy pomiędzy 2 a 5 rokiem życia oraz wzrost aktywności subdelty, delty i thety w okolicy ciemieniowo – potylicznej i frontocentralnej do 4 – 5 roku życia badanych (Szmidt 1985, 1992; za: F. Vogel 2000: 197–199).

Szybki rozwój technik EEG dużych rozdzielczości pozwala współcześnie na coraz bardziej precyzyjną diagnostykę czynności bioelektrycznej mózgu osób z zespołem Downa. Wyniki badań potwierdzają, iż obserwuje się wyraźny wzrost wolnych częstotliwości (theta, potyliczna delta), jak również redukcję i spowolnienie beta1 oraz alpha, nasilające się wraz z wiekiem, spadkiem zdolności poznawczych oraz początkiem demencji. Kierunek nowych poszukiwań powinny wyznaczać pytania o podłoża nieprawidłowości w zapisie EEG oraz ERP, a także relacje pomiędzy ERP a przedwczesnym procesem starzenia się (szczególnie wpływu mechanizmów P300). (Sumich 2011).

W odróżnieniu od dociekań naukowych, w procesie rehabilitacji EEG/QEEG stosowane jest w dwóch zasadniczych celach: jako metoda oceny potwierdzająca efektywność określonych oddziaływań oraz jako metoda oceny służąca projektowaniu oddziaływań rehabilitacyjnych, przede wszystkim neuroterapii. W obu przypadkach diagnostyka QEEG stanowi zazwyczaj istotne uzupełnienie danych pozyskiwanych za pomocą tradycyjnych narzędzi służących pomiarowi intelektu.

Agata Gruna-Ożarowska (za: Sadowska i in. 2008) dokonała analizy zapisu EEG osób z zespołem Downa i stwierdziła istotnie wyższy poziom zaburzeń czynności bioelektrycznej mózgu w stosunku do populacji zdrowych. Badane osoby z zespołem Downa poddawane były następnie przez okres czterech tygodni stymulacji wielozmiennym polem magnetycznym. W badaniach EEG przeprowadzonych po zastosowaniu terapii uzyskano znaczące w stosunku do pierwotnego zapisu zmiany, wskazujące na efektywność zastosowanego rozwiązania. Poprawę odnotowano szczególnie u dzieci, które od najmłodszych lat życia były prowadzone zgodnie z Wrocławskim Modelem Usprawniania<sup>1</sup> (Sadowska 2007).

Maria Pecyna i jej współpracownicy (za: Sadowska i in. 2008) przeprowadzili badania z wykorzystaniem urządzenia CapScan EEG/EMG służącego do monitorowania oraz rejestracji rytmów alfa, beta, theta, SMR oraz fal elektromiograficznych z mięśnia czołowego głowy. W badaniach wzięło udział 67 dzieci z zespołem Downa leczonych według WMU. Rytmu fal mózgowych analizowane były we śnie, stanie czuwania, przed i podczas neurostymulacji metodą Vojty. Szczegółowej analizie

---

<sup>1</sup> Wrocławski Model Usprawniania (WMU) opiera się na wczesnej diagnozie i stymulacji rozwoju psychomotorycznego. Jest ona prowadzona przede wszystkim w warunkach domowych przez rodziców pod nadzorem pediatry, który ściśle współpracuje z innymi specjalistami z zakresu medycyny, fizjoterapii, psychologii i pedagogiki specjalnej (Sadowska 2007).

poddano rytm beta oraz theta. Przeprowadzone badania ujawniły wyższy poziom koncentracji uwagi w grupie dzieci z zespołem Downa, które wcześniej zostały poddane stymulacji według WUM. O pozytywnej reakcji na stymulację przez wyzwalanie odruchowej lokomocji świadczyły prawidłowe zapisy rytmów theta i SMR w półkuli lewej oraz alfa i SMR w półkuli prawej. Jednocześnie stwierdzono, iż rytm alfa nie wygasa w czasie snu, a theta obecna jest podczas czuwania.

Tanju Sürmeli i Ayben Ertem (2007) poddając ocenie aktywność bioelektryczną mózgu 8 dzieci z zespołem Downa z zastosowaniem QEEG, stwierdzili wzrost aktywności delty i thety oraz podwyższenie bądź niedostateczną aktywność bety w przypadku wszystkich badanych. Jednocześnie wykazali skuteczność intensywnego treningu neurofeedback. W kolejnych badaniach przeprowadzonych w 2010 roku, z udziałem 23 osób z zespołem Downa w wieku 7–16 lat, badacze wykorzystali prócz diagnostyki QEEG również Test of Variables of Attention, WISC-R oraz Developmental Behaviour Checklist. Dwudziestu dwóch badanych uczestniczących w treningu NF wykazało poprawę kliniczną w badaniu z wykorzystaniem DPC-P oraz QEEG. Dziewiętnastu uzyskało lepsze wyniki w testach WISC-R oraz Tova. W przypadku 2 osób stwierdzono obniżenie wyniku globalnego w teście WISC-R, a wynik 2 innych badanych nie uległ zmianie. Jednakże nawet w tych przypadkach odnotowano pozytywne zmiany w badaniach za pomocą QEEG i DPC-P (Sürmeli, Ertem 2010).

## Podsumowanie

Badania dotyczące czynności bioelektrycznej mózgu osób z niepełnosprawnością z wykorzystaniem EEG/QEEG wytyczają nowe drogi diagnozy i rehabilitacji poznawczej. Dotychczasowe poszukiwania w tej dziedzinie odzwierciedlają dokonujący się w diagnozie osób z niepełnosprawnością intelektualną postęp i dowodzą skuteczność prowadzonych terapii. Uzyskiwane wyniki pozwalają również przypuszczać, że istnieją specyficzne dla grupy osób z zespołami genetycznymi wzorce czynności spoczynkowej mózgu. Jednocześnie jednak potwierdzają ogromne zróżnicowanie indywidualne, warunkowane konglomeratem czynników endo- i egzogennych (wiek umysłowy badanych, wiek życia, rodzaje stosowanych terapii, stan zdrowia etc.) uzasadniające zarówno wielowymiarowość, jak i ciągłość w podejściu do diagnozy osób z niepełnosprawnością.

## Bibliografia

- Delabar J-M. (2007). *Perspectives on Gene-based Therapies*. W: J-A. Rondal, A. Rasore-Quartino (Eds.), *Therapies and rehabilitation in Down Syndrome*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1–17
- EUROCAT, European Surveillance of Congenital Anomalies. (June, 2015). Prevalence Data Tables: <http://www.europat-network.eu/ACCESSPREVALENCEDATA/PrevalenceTables> [dostęp: 9.04.2017].
- Haydar T.F., Reeves R.H. (2012). *Trisomy 21 and early brain development*. „Trends in Neurosciences”, 35(2), 81–91.

- Jaśkowski P. (2008). *Neuronauka poznawcza. Jak mózg tworzy umysł*. Warszawa: Wydawnictwo: Vizja press&IT.
- Midro A. (2008). *Zespół Downa. Przyczyny powstawania, diagnoza i elementy poradnictwa genetycznego*. W: B.B. Kaczmarek (red.), *Wspomaganie rozwoju dzieci z zespołem Downa. Teoria i praktyka*. Kraków: Oficyna Wydawnicza „Impuls”.
- Sadowska L. (2007). *Neurorozwojowa diagnostyka i terapia dzieci z zaburzeniami rozwoju według Wrocławskiego Modelu Usprawniania (WMU)*, [http://www.pmurz.rzeszow.pl/PDF/2007/1/06\\_z1\\_2007\\_abs.pdf?PHPSESSID=67e913025e0939cee9a1c5c0c203fa8d](http://www.pmurz.rzeszow.pl/PDF/2007/1/06_z1_2007_abs.pdf?PHPSESSID=67e913025e0939cee9a1c5c0c203fa8d) [dostęp: 18.06.2017].
- Sadowska L., Mysłek-Prucnal M., Choińska A.M., Mazur A. (2008). *Diagnostyka i terapia dzieci z zespołem Downa w świetle badań własnych i przeglądu literatury przedmiotu*, [http://pracownik.kul.pl/files/12590/public/ModuA\\_11\\_ZespAA\\_Downa\\_-\\_art\\_poszerzajAcy.pdf](http://pracownik.kul.pl/files/12590/public/ModuA_11_ZespAA_Downa_-_art_poszerzajAcy.pdf) [dostęp: 10.02.2016].
- Sumich A. *EEG studies of Down's syndrome*, <http://www.dsrf-uk.org/about-us/video-library/dsrf-uk-conference-2011> [dostęp: 18.06.2017].
- Sosnowski T. (2000). *Psychofizjologia*. W: J. Strelau (red.), *Psychologia. Podręcznik akademicki: Podstawy psychologii*. Tom 1. Gdańsk: GWP
- Sürmeli T., Ertem A. (2007). *EEG Neurofeedback Treatment of Patients with Down Syndrome*. „Journal of Neurotherapy”, 11(1), 63–68, doi:10.1300/J184v11n01\_07.
- Sürmeli T., Ertem A. (2010). *Post WISC-R and TOVA improvement with QEEG guided neurofeedback training in mentally retarded: A clinical case series of behavioral problems*. „Clinical EEG & Neuroscience Journal”, 41(1), 32–41, doi: 10.1177/155005941004100108.
- Thompson M., Thompson L. (2003). *The Neurofeedback Book: An Introduction to Basic Concepts in Applied Psychophysiology*. Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback: Wheat Ridge, CO.
- Vogel F. (2000). *Genetics and the Electroencephalogram*. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- Zielińska J. (2016). *Wybrane techniki obrazowania sygnałów w perspektywie pedagogiki specjalnej: przykłady zastosowań w praktyce diagnostyczno-terapeutycznej*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe UP.
- Zielińska J. (2015). *Ocena możliwości zastosowania wybranych metod obrazowania pracy mózgu w pedagogice specjalnej*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe UP.

## Modern Technologies in Diagnosing People with Down Syndrome

### Abstrakt

The article presents basic information about EEG/QEEG techniques and possibilities of using them in the process of planning of rehabilitation of people with Down syndrome. Research conducted in various research centers and specialized centers dealing with the education and rehabilitation of people with intellectual disabilities shows that interdisciplinary and complementary interactions based on reliable data obtained through traditional diagnostic methods and modern brain diagnostic technologies significantly increase their effectiveness.

**Keywords:** EEG/QEEG, Down syndrome, diagnosis

**Elżbieta Lubińska-Kościółek**

doktor nauk humanistycznych w zakresie pedagogiki, adiunkt w Instytucie Pedagogiki Specjalnej Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, nauczyciel i terapeuta z wieloletnim doświadczeniem w pracy z osobami z niepełnosprawnością intelektualną.