

# Jolanta Zielińska

---

## Wykorzystanie metod badania pracy mózgu w ocenie skuteczności działań diagnostycznych i rehabilitacyjnych

---

Niepełnosprawność nr 11, 23-34

---

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Jolanta Zielińska

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

## Wykorzystanie metod badania pracy mózgu w ocenie skuteczności działań diagnostycznych i rehabilitacyjnych

### Utilization of brain study methods in evaluation diagnostics and rehabilitation activities

In this paper common areas of research activity of special pedagogy and a new scientific discipline named neuroscience have been identified. These problems have been presented on wide background of existing related papers. In the framework of proposed practical solutions supporting planning, evaluation and realization of diagnostics and rehabilitations activity the actual used methods of brain operations analysis have been characterized. In particular application of such methods as EEG, QEEG, ERP and eyetracking have been presented. This topics have been described in context preventive activity and support people with special educational needs. Effectiveness improvement of scientific and practical work of people professionally involved in problems of disability has been presented.

Słowa kluczowe: metody diagnozy, rehabilitacja, praca mózgu

Keywords: diagnosing methods, rehabilitation, brain functioning

## Miejsce pedagogiki specjalnej w systemie neuronauki

Wpływ tzw. nauk i ideologii pomocniczych na badania pedagogiczne miał miejsce od dawna, historycznie posiadając różny zasięg, przebieg i charakter. Zawsze był on elementem korzystnym dla rozwoju pedagogiki specjalnej zarówno w sensie naukowym, poznawczym, jak i aplikacyjnym. Pozwala bowiem na szerokie i wielostronne spojrzenie oraz ogląd złożonych zagadnień i zjawisk jakimi się zajmuje, a tym samym podjęcie skuteczniejszych i lepszych działań w praktyce zarówno diagnostyczno-rehabilitacyjnej, jak i edukacyjnej. Nie ogranicza jej samodzielności, a jedynie ją pojęciowo, metodologicznie i merytorycznie wspiera.

Konieczność interdyscyplinarnego charakteru pedagogiki specjalnej, poprzez wykorzystanie dorobku takich nauk, jak: fizjologia, patologia ogólna, pediatria,

psychiatria, neurologia, psychologia, socjologia, pedagogika ogólna i higiena, postulowała jako pierwsza jej twórczyni Maria Grzegorzewska. Podejście to jej zdaniem wynikało w bezpośredni sposób z podstawowych założeń teoretycznych i specyfiki warsztatowo-metodologicznej pracy rewalidacyjnej z dziećmi posiadającymi odchylenia od normy.

Korzystanie w badaniach pedagogiki specjalnej z osiągnięć nauk pomocniczych, takich jak: psychologia, kognitywistyka, socjologia, medycyna, ekonomia, prawo, informatyka, telekomunikacja czy ostatnio neurobiologia, jest pewnego rodzaju koniecznością badawczą, prowadzącą do uzyskania całościowego i pełnego zgłębienia zjawisk oraz zagadnień jakich dotyczą te badania. Nauki współdziałające z pedagogiką specjalną wnoszą swój wkład wiedzy zarówno do rozwiązań teoretycznych, jak i zastosowań praktycznych, głównie szeroko rozumianej rewalidacji, terapii i resocjalizacji, pozwalając na ich kompleksowe i wielokontekstowe ujęcie [Gnitecki 1994, s. 39].

To co łączy pedagogikę specjalną i nauki pomocnicze to wspólny przedmiot badań – człowiek. Aktualne osiągnięcia pedagogiki specjalnej w dialogu z naukami pogranicza i dyscyplinami pomocniczymi, jej interdyscyplinarność teoretyczna i metodologiczna, mają zastosowanie zarówno w zagadnieniach dydaktycznych, jak i pozadydaktycznych. Tworzą one nowe perspektywy i wyzwania dla tendencji integracyjno-normalizacyjnych poprawy jakości życia osób niepełnosprawnych [Dykcik 2001, s. 10].

Problematyką systemów nerwowych i neuronalnym korelatem przetwarzania informacji w ramach nauki zwanej neurobiologią zajmują się zazwyczaj biologia, rzadziej psychologia. Obecnie w tym zakresie zachodzą dynamiczne zmiany. Naukowcy takich dziedzin naukowych, jak: anatomia, biologia molekularna, biochemia, neurologia kliniczna, farmakologia, rehabilitacja, fizjologia, zoologia i psychologia, stworzyli naukę pogranicza o nazwie „neuroscience”, o polskim odpowiedniku „neuronauka” [Milner, Goodale 2008, s. 21]. Stanowi ona wielką szansę dla zaistnienia w jej systemie pedagogiki specjalnej.

Aby odpowiedzieć na pytanie: Jakie inspiracje poznawcze i badawcze wynikają z pogranicza pedagogiki specjalnej i neuronauki, należy określić, w jakich obszarach osiągnięcia tych nauk mogą wpłynąć na pojmowanie i rozwiązywanie problemów badawczych we współczesnej pedagogice specjalnej.

Stopień złożoności zjawisk związanych z niepełnosprawnością osób, którymi zajmuje się pedagogika specjalna, w pewnym sensie wymusza sposób zbierania o nich wiedzy o charakterze neuronalno-informatycznym. Takie postępowanie dostarcza informacji, które odpowiednio zinterpretowane dają nowe szanse na ocenę skuteczności działań diagnostycznych i rehabilitacyjnych.

Wykorzystanie osiągnięć neuronauki w pedagogice specjalnej wynika z podjęcia problemu obiektywnej oceny skuteczności działań podejmowanych w od-

niesieniu do osób wykazujących odstępstwo od normy w oparciu o wykorzystanie metod badania pracy mózgu. Wynika ono z poszukiwań kompetentnego i zrozumiałego wyjaśnienia sensu stosowania w odniesieniu do osób niepełnosprawnych konkretnych działań rehabilitacyjnych. Dotychczasowe osiągnięcia neuronauki pokazują, iż możliwe jest uzyskanie obiektywnej odpowiedzi na pytania zadawane od czasu powstania pedagogiki specjalnej jako dyscypliny naukowej. Przykładowo: Jak i jak stosować programy rehabilitacyjne, by po latach ćwiczeń nie dojść do wniosku, że podejmowane działania nie miały większego sensu, bo nie prowadziły do zakładanych pozytywnych zmian? Jak uchronić się przed popełnianiem błędów w działaniach rehabilitacyjnych i edukacyjnych? Idąc dalej tym tokiem rozumowania można założyć, iż możliwe będzie pokazanie mechanizmów kompensacyjnych wykorzystywanych przez osobę, której udało się zrobić postęp, a w dalszej kolejności doprowadzić do opracowania lepszych, skuteczniejszych programów rehabilitacyjno-wyrównawczych czy edukacyjnych, a także sformułowanie oceny w perspektywie zaburzeń rozwojowych kosztów rehabilitacji czy kompensacji.

Można zadać pytanie: Dlaczego celowe jest podjęcie wykorzystania osiągnięć neuronauki jako nauki pomocniczej w pedagogice specjalnej właśnie teraz, chociaż metody badania pracy mózgu są znane od dawna? Odpowiedź to stwierdzenie, że pozwala na to aktualny stan badań nad mózgiem realizowany przez neurobiologów z jednej strony, a z drugiej – informatyczne narzędzia opracowane przez inżynierów.

Badania nad mózgiem trwają już jakiś czas i charakteryzują się obecnie dużą dynamiką wzrostową. Przykład reprezentowanego obecnie podejścia naukowego stanowi wydana w lutym 2011 roku książka prof. Jerzego Vetulaniego, „Mózg: fascynacje, problemy, tajemnice”. Pisze on: „...Neurobiologia jest dziś jedną z najważniejszych i najbardziej wszechstronnych nauk. Odpowiada lub pomaga odpowiedzieć na wielkie pytania, z którymi od dawien dawna mierzyła się filozofia, teologia, psychologia i nauki społeczne, a także małe pytania, które zadajemy sobie na co dzień...” [Vetulani 2011, s. 43]. Kolejne opracowanie wskazujące na wspólne obszary badawcze neurobiologii i pedagogiki specjalnej wskazuje książka Blakemore Sahar-Jayne, Frith Uta „Jak uczy się mózg”, wydana w roku 2008. Autorki będące pracownikami naukowymi w Institute of Cognitive Neuroscience w Londyńskim University College, od lat zajmują się problemami dysleksji, autyzmu i zespołu Aspergera. Przykładowe, interesujące dla pedagoga specjalnego zadawane przez z nie pytania to: „W jaki sposób mózg ludzi głuchych przetwarza język migowy?”, „Czy naśladowanie jest czymś dobrym, czy tłumy ono zdolności twórcze?” Autorski nie udzielają odpowiedzi na postawione pytania, gdyż jak same stwierdzają, nie mają stosownej wiedzy pedagogicznej. Piszą: „...jest obecnie bardzo niewiele materiałów na temat znaczenia badań nad móz-

giem dla edukacji, które byłyby przystępne dla niespecjalistów (...) powstała luka między nauką o mózgu a pedagogiką..." [Blakemore, Frith 2008, s. 3].

Przykładem zapowiedzi zastosowań osiągnięć neurobiologii w pedagogice jako tematu przyszłych badań jest opracowanie Manfreda Spitzera pod tym samym tytułem co wcześniej omawiane: „Jak uczy się mózg”. Oto wybrana z niej myśl: „...uczniowie nie są głupi, nauczyciele nie są leniwi, a nasze szkoły nie są do niczego. Ale od jakiegoś czasu wszyscy podejrzewamy, że coś jest nie tak...” [Spitzer 2007, s. 12].

Podstawą postulowanej do realizacji w pedagogice specjalnej tematyki badawczej wykorzystania osiągnięć neurobiologii w pedagogice specjalnej jest użycie sprzętu do neuroobrazowania pracy mózgu tak oprogramowanego, aby mógł go zastosować i uzyskane wyniki samodzielnie zinterpretować humanista, pedagog, terapeuta, praktycznie każda osoba zajmująca się edukacją i rozwojem człowieka. W chwili obecnej jest to możliwe w realizacji praktycznej, należy jedynie podjąć stosowne działania w tym kierunku. Prezentowane opracowanie stanowi taką próbę poprzez podjęcie oceny metod badania pracy mózgu w kontekście ich zastosowania w diagnozie i rehabilitacji osób z niepełnosprawnością.

## Ogólna charakterystyka i ocena metod badania pracy mózgu

Metody badania ośrodkowego układu nerwowego dzieli się na strukturalne lub funkcjonalne. Metody strukturalne pokazują struktury mózgowie, natomiast metody funkcjonalne dostarczają danych o metabolizmie tkanki mózgowej. Do metod strukturalnych zaliczana jest tomografia komputerowa, nuklearny rezonans magnetyczny oraz angiografia. Do metod funkcjonalnych należy funkcjonalny rezonans magnetyczny, tomografia emisyjna pojedynczego fotonu, pozytronowa emisyjna tomografia, metoda elektroencefalografii EEG oraz metoda potencjałów wywołanych. Inny podział metod dotyczy stopnia ich inwazyjności, czyli bezpieczeństwa osób badanych. Metody inwazyjne to tomografia komputerowa, angiografia oraz metody scyntygraficzne. Metody nieinwazyjne to metody rezonansowe oraz metoda EEG.

Do wykorzystania oceny pracy mózgu osób z niepełnosprawnością podczas wykonywania przez nie konkretnych zadań poznawczych przydatne są jedynie metody bezinwazyjne. Wśród nich można wprowadzić dodatkowe kryterium oceny, mobilność sprzętu do przeprowadzania badań. Sprzęt stacjonarny, o dużych gabarytach, związany z konkretnym miejscem nie pozwala na przeprowadzanie badań w różnych ośrodkach, na różnych grupach, tym samym uzyskania w określonym przedziale czasowym porównywalnych ze sobą danych.

Całkowitą nieinwazyjnością i najwyższą rozdzielczością czasową, a więc bardzo dokładnymi pomiarami cechuje się magnetoencefalografia MEG. Oparta jest ona na zapisie pól magnetycznych generowanych przez płynące w mózgu prądy. Zapis pracy mózgu tą metodą wymaga stosowania bardzo drogiej i nieprzenośnej aparatury [Durka, 2009, s. 235]. Metoda MEG może więc służyć jedynie do celów diagnostycznych. Osoba badana siedzi wygodnie w fotelu skanera, bez dodatkowych elektrod na głowie, które stanowią ujemny aspekt badań metodą elektroencefalografii EEG. Badania metodą magnetoencefalografii MEG wykonywane są na nielicznych i niereprezentatywnych grupach, stąd w zastosowaniach, których innowacyjność powinna polegać na możliwości stosowania wyników badań na szeroką skalę, nie są przydatne.

Idąc tym tokiem rozumowania można w sposób jednoznaczny stwierdzić, że jedynie dwie metody badania pracy mózgu: elektroencefalografii EEG oraz potencjałów wywołanych spełniają przyjęte kryteria oceny – bezinwazyjności i mobilności, a tym samym przydatności w badaniach realizowanych w obszarze pedagogiki specjalnej. Stąd właśnie one zostaną omówione w dalszej kolejności.

## Zasada działania i ocena przydatności w badaniach pedagogiki specjalnej metody encefalografii EEG obrazowania pracy mózgu

Metoda encefalograficzna EEG badania pracy mózgu jest znana i stosowana od dawna. Aktualny stan badań nad mózgiem realizowany przez neurobiologów z jednej strony, a z drugiej informatyczne narzędzia opracowane przez inżynierów, umożliwiający przedstawienie wyników badań na ekranie komputera, spowodowały dynamiczny rozwój stosowania tej metody w praktyce.

Metoda encefalografii wyróżnia się spośród wszystkich technik badania pracy mózgu najdłuższą historią zastosowań klinicznych, najniższym kosztem, całkowitą nieinwazyjnością oraz najwyższą rozdzielczością. Dwie ostatnie cechy ma opisana wcześniej metoda magnetoencefalografii [Durka 2009, s. 235]. Badanie EEG polega na rejestracji za pomocą elektrod umieszczonych na skórze głowy ze specjalnym żelem (co stanowi dużą niedogodność) czynnościowych prądów mózgu człowieka, które charakteryzują się niewielkim napięciem (od kilku do kilkuset mikrowoltów). Częstotliwość tych prądów waha się od 0,5 Hz do 50 Hz. Technologia zapisu EEG wykorzystuje obecnie wysokiej klasy wyspecjalizowane urządzenia zapewniające próbkowanie badanych sygnałów w czasie i przestrzeni z częstotliwością tysięcy Hz oraz do 130 par elektrod używanych jako detektory wejściowe jednocześnie.

Metoda QEEG (ang. Quantitative EEG) jest z informatyzowanym narzędziem do badania funkcji i dysfunkcji mózgu, a także planowania sesji biofeedback. Obecnie jest ona stosowana w badaniach z zakresu psychologii i psychiatrii do diagnozy ADHD, depresji, dysleksji, schizofrenii oraz zaburzeń lękowych. Metoda QEEG umożliwia nie tylko zapis sygnału EEG, ale w oparciu o specjalny program komputerowy jego ilościową analizę. Analiza ta jest realizowana w postaci widma amplitudy względem częstotliwości, opisanego stabelaryzowanymi wartościami liczbowymi oraz jako mapa topograficzna pokazująca rozkład czynności EEG w różnych miejscach na powierzchni skóry głowy.

Poważną wadą metody elektroencefalografii jest analiza i interpretacja uzyskanych z jej wykorzystaniem danych. Pomimo dynamicznego rozwoju matematyki i informatyki podstawową metodą analizy wyników jest nadal analiza wzrokowa. Aspekt nowoczesności to fakt jej realizacji na ekranie komputera [Durka, 2009, s. 237]. Przeprowadzający badania musi samodzielnie zdecydować, jakie części sygnału wycinać z uzyskanego obrazu, traktując je jako przykładowo artefakty, wynikające z otwarcia oczu i mrugania nimi osoby badanej. Problemów jest więcej, związane są one z wpływem na uzyskiwane wyniki badań obecności innych pól, a nawet diety pacjenta czy stosowania przed badaniem używek.

Reasumując, metoda encefalografii EEG jest możliwym do użycia w działaniach diagnostycznych i rehabilitacyjnych rozwiązaniem, niemniej wymaga doświadczenia w interpretacji widocznych na ekranie komputera przebiegów sygnału pracy mózgu. Stąd dla pedagoga specjalnego może stanowić przydatne narzędzie o charakterze monitorująco-diagnostycznym. Do oceny skuteczności działań rehabilitacyjnych znacząco lepszym rozwiązaniem jest omówiona w dalszej kolejności metoda potencjałów wywołanych.

### Zasada działania i ocena przydatności w badaniach pedagogiki specjalnej metody potencjałów wywołanych obrazowania pracy mózgu

Potencjały wywołane EEG (ang. *evoked potentials*, EP) definiowane są jako ślady odpowiedzi mózgu na bodźce. W przypadku MEG stosowane jest określenie pola wywołane (ang. *evoked fields*, EF). Zwykle reakcja ta jest mała i w zapisie pojedynczej realizacji reakcji na bodziec najczęściej niewidoczna wśród czynności pochodzącej od wielu innych procesów zachodzących w tym samym czasie w mózgu. Ich wyodrębnienie z tła EEG/MEG, czyli manifestacji elektrycznej innych, trwających w tym samym czasie w mózgu, procesów (aktywny prąd niezależny), wymaga zapisu odpowiedzi na szereg powtórzeń tego samego bodźca. Rozwój

techniki komputerowej, w tym odpowiednie oprogramowanie pozwala obecnie na cyfrowe uśrednianie kolejnych fragmentów EEG, zsynchronizowanych według momentu wystąpienia bodźca [Durka, 2009, s. 238].

Metoda EP opiera się na założeniu, że zawarta w EEG odpowiedź mózgu na każdy z kolejnych bodźców jest niezmienna, a EEG odzwierciedlające pozostałe procesy jest traktowane jak nieskorelowany z nią proces stochastyczny. Zależnie od rodzaju potencjałów wywołanych, założenia te są mniej lub bardziej nieuzasadnione. Podważa je przykładowo efekt habituacji, polegający na osłabieniu późnych potencjałów wywołanych kolejnymi powtórzeniami bodźca. Potencjały związane z wydarzeniami (ERP) to czynność elektryczna mózgu na skali czasowej, z dokładnym zaznaczeniem wydarzenia zewnętrznego, które służy jako punkt odniesienia. Potencjały elektryczne są rejestrowane z powierzchni głowy po zadziałaniu bodźca wzrokowego, słuchowego lub czuciowego. Stąd wyróżnia się wzrokowe, słuchowe lub somatosensoryczne potencjały wywołane. Metoda potencjałów wywołanych jest przedmiotem otwartej dyskusji naukowej, z której wynika, że jest to doskonale rozwiązanie dla zastosowań w zakresie zaawansowanych metod modelowania oraz analizy sygnałów [Durka, 2009, s. 239]. Stąd z prezentowanych dotychczas metod badania pracy mózgu stanowi ona najlepszą, możliwą do użycia przez pedagoga specjalnego, technikę służącą do uzyskania wiedzy pozwalającej na tworzenie modeli procesów poznawczych osoby z niepełnosprawnością. Omawiana metoda neuroobrazowania pracy mózgu posiada więc możliwość zastosowania zarówno w obszarze diagnozy, jak i rehabilitacji, również w obiektywnej ocenie dotychczas stosowanych i tworzenia nowych, skutecznych programów rehabilitacyjnych. Kolejna z prezentowanych metod jest kontrowersyjna, niemniej wydaje się być skutecznym i prostym w zastosowaniu rozwiązaniem praktycznym.

## Zasada działania i ocena przydatności w badaniach pedagogiki specjalnej metody okulografii obrazowania pracy mózgu

Metoda okulografii jest znana od bardzo dawna. W obecnym kształcie, określana nazwą metody eyetrackingu badania pracy mózgu, stosowana jest jako narzędzie w obszarze informatycznym do śledzenia aktywności poznawczej osób oglądających strony internetowe. Metoda ta nie jest w badaniach naukowych traktowana jako równorzędne, do wcześniej opisanych metod badania pracy mózgu rozwiązanie. Jest faktem, iż nie dostarcza podobnych jakościowo i ilościowo informacji, a jedynie pokazuje aktywność poznawczą mózgu na podstawie śledzenia ruchu gałek ocznych. Niemniej jest ona prosta w użyciu, a uzyskiwane wyniki są



opracowywane komputerowo przez specjalny program i reprezentowane w formach łatwych do interpretacji.

Wskazując tę metodę jako potencjalnie najlepszą do użycia w zastosowaniach diagnostycznych i rehabilitacyjnych należy odnieść się do jej podstaw teoretycznych. We współczesnych badaniach realizowanych zarówno na gruncie psychologii, jak i biologii funkcjonuje pojęcie „mózgu wzrokowego”. Istnieje koncepcja naukowa dwóch mózgow wzrokowych, czyli dwóch niezależnych systemów przetwarzania informacji wzrokowej. Pierwszy jest odpowiedzialny za świadome widzenie, natomiast drugi zapewnia sprawność działania [Milner, Goodale 2008, s. 10]. Teoria dwóch mózgow wzrokowych, jako nowa teoria widzenia, zakłada istnienie dwóch systemów – brzuszego, wyspecjalizowanego w percepcji wzrokowej i grzbietowego, wyspecjalizowanego we wzrokowej kontroli działania. Zapoczątkowała ona wiele badań przeprowadzanych nowoczesnymi metodami obrazowania funkcjonalnego mózgu fMRI oraz stała się podstawą sformułowania nowych hipotez filozoficznych w obszarze relacji umysł-ciało [Milner, Goodale 2008, s. 10]. Badania te wskazują na możliwość nowego systemu organizacji wiedzy i projektowania eksperymentów, które w inny sposób nie mogłyby być zrealizowane. W oparciu o ocenę aktywności mózgu poprzez spostrzeganie wzrokowe może mieć miejsce wypracowanie algorytmów konkretnego działania prowadzącego do zmiany poznawczej.

Metoda eyetrackingu polega na rejestracji wideo aktywności wzrokowej. Jest to możliwe podczas przemieszczania się osoby badanej za pomocą urządzeń zamontowanych na głowie (eyetracking mobilny) lub w sposób zdalny (remote eyetracking). Urządzenie może być przykładowo zintegrowane z monitorem komputera. Prezentowany badanej osobie materiał jest używany w późniejszej analizie zapisu aktywności wzrokowej i łączony z tymi wynikami jako „tło”. Obecnie w metodzie tej najczęściej stosuje się kamery podczerwone, ułatwiające identyfikację źrenicy oraz lokalizację odbicia rogówkowego, co pozwala na określenie wektora patrzenia. Uzyskane metodą eyetrackingu wyniki są prezentowane w trzech formach: filmu z markerem oznaczającym aktualne skupienie wzroku, mapy cieplnej i mapy fiksacji. Głównymi miarami używanymi w badaniach eyetrackingu są fiksacje, czyli skupienie wzroku na danym elemencie oraz sakkady, szybkie ruchy oka zachodzące pomiędzy kolejnymi fiksacjami.

Wbrew subiektywnym odczuciom, oczy nie widzą otoczenia w sposób ciągły. Oko zatrzymuje się na wybranym, obserwowanym fragmencie obrazu na około 200 ms. Takie zdarzenie nazywamy fiksacją (ang. *fixation*). Potem skokowo wzrok jest przenoszony na inne miejsca z częstotliwością 4 do 5 razy na sekundę. Długość oraz ilość fiksacji określa jak badany element skupia uwagę [Błasiak i inni 2012, s. 565]. Im niższy czas do pierwszej fiksacji tym wyższa zdolność badanego elementu do skupienia uwagi. Ilość fiksacji na danym elemencie określa jego istot-

ność dla badanej osoby i zauważalności w procesie skanowania wzrokiem. Można wyznaczać obszary fiksacji oczu badanych osób, czasy tych fiksacji (całkowite oraz średnie), szybkości sakkad oraz czasy reakcji oczu na prezentowane bodźce (*saccade latency*). Uzyskane metodą eyetrackingu wyniki prezentowane są za pomocą heatmap. Heatmap to rozkład cieplny uwagi kierowanej na badany element, który wyodrębnia elementy zauważone i pominięte podczas skanowania wzrokiem, w tym ich kolejność. Tym samym pomaga ona zrozumieć, dlaczego dany element jest postrzegany w taki a nie inny sposób przez patrzącą osobę.

Istnieją dwa rodzaje heatmap – czarno-białe, na których poziom transparentności świadczy o natężeniu uwagi kierowanej na dany element oraz klasyczne kolorowe. Obydwa rodzaje heatmap wskazują, w jaki sposób osoba badana przetwarza informacje na które patrzy, które elementy przyciągają jej uwagę, skupiają ją najdłużej, do jakich elementów powraca, jakich nie zauważa, jaki jest model i kierunek kolejności skanowania przestrzeni, czy wykonuje ona zadanie planowo, ze zrozumieniem, czy jest zagubiona w działaniu. Bardziej przydatne w ocenie przebiegu aktywności mózgu podczas aktywności poznawczej są realizowane na podstawie heatmap ścieżki skanowania wzrokiem (*gaze ploty*). Przedstawiają one kierunek skanowania wzrokiem, a dokładniej ścieżkę, jaką pokonały oczy dokonując kolejnych fiksacji. Zaznaczone na nich kolorem czerwonym koła obrazują fiksacje – im większa średnica tym dłuższa fiksacja. Linie pomiędzy kołami pokazują kierunek skanowania wzrokiem, czyli ruch sakkadyczny oka.

Metodą eyetrackingu można mierzyć w sposób nieinwazyjny wiele istotnych parametrów związanych z aktywnością mózgu osoby badanej w trakcie rozwiązywania przez nią konkretnych zadań poznawczych. Metoda ta pozwala na pokazanie, jak na podstawie analizy aktywności oczu (map koncentracji uwagi) badać różne strategie rozwiązywania problemów. Uzyskane metodą eyetrackingu wyniki w trakcie badań wykonywanych na dużych, statystycznie istotnych grupach badawczych, odpowiednio zebrane i zinterpretowane, mogą być niezwykle cennym źródłem informacji ułatwiającym zrozumienie mechanizmów poznawczych, występujących przykładowo podczas stosowania konkretnych metod rehabilitacji. Metoda ta może znaleźć zastosowanie w obszarze pracy wyrównawczej z dziećmi o specjalnych potrzebach edukacyjnych, w tym w diagnozowaniu deficytów prowadzących do trudności w uczeniu się i opracowywaniu modeli strategii skutecznego nauczania oraz rehabilitacji.

W obszarze diagnozy i rehabilitacji szczególnie przydatnym rozwiązaniem wydaje się być w pełni mobilny eyetracker o nazwie SMI EyeTracking Glasses, stosowany do analizy percepcji wzrokowej w rzeczywistym oraz wirtualnym środowisku zewnętrznym. Jest on lekkim (75 g), dyskretnym systemem zbudowanym na bazie okularów. Do jego zalet należy zaliczyć automatyczną kompensację błędu paralaksy, która zapewnia bardzo dokładne wyniki w każdej odległości od

przedmiotu, bez potrzeby ręcznej regulacji. Okulary SMI posiadają możliwość wymiany szkieł korekcyjnych, w związku z czym mogą być używane również do badania zachowania osób z wadą wzroku. Urządzenie posiada kamerę o bardzo wysokiej rozdzielczości (1280 x 960). Umożliwia to dokładny i szczegółowy zapis pozycji oka w relacji do obiektów rozmieszczonych w bardzo różnych, nawet najdalszych, odległościach. SMI pozwala na dostęp do uzyskiwanych danych i wyników w czasie rzeczywistym, a także łatwą integrację z innymi urządzeniami mobilnymi i czujnikami, takimi jak: EEG czy GPS [www. eyetrackin-glasses.com, dostęp 4.05.2013].

Zmieniające się w sposób skokowy, uzyskiwane za pomocą oczu, obrazy są analizowane w ośrodkowym układzie nerwowym. Ponad 50% neuronów kory wzrokowej zajmuje się analizą oraz scalaniem obrazów uzyskiwanych w trakcie fiksacji oka [Lindsay, Norman 1991, s. 48]. Wiedza o tych procesach, a w szczególności informacje uzyskane w podczas badań osób obarczonych niepełnosprawnością w zakresie czasów fiksacji, prędkości, liczby oraz częstotliwości ruchów sakkadycznych, może być niezwykle cennym materiałem ułatwiającym zrozumienie mechanizmów charakterystycznych dla przebiegu procesów poznawczych, opartych na percepcji wzrokowej. W przypadku wielu niepełnosprawności ma to decydujący wpływ na skuteczność podejmowanych działań rehabilitacyjnych, opartych na mechanizmach kompensacyjnych. Uzyskane i uogólnione wyniki badań metodą eyetrackingu, w tym opracowany na ich podstawie model postępowania diagnostyczno-rehabilitacyjnego oparty na śledzeniu sposobu myślenia podczas przebiegu procesu poznawczego na podstawie aktywności oczu może być bardzo pomocny w badaniu różnorodnych dysfunkcji spowalniających procesy poznawcze osób z niepełnosprawnością. Może to stanowić przełom w obiektywnej i rzetelnej ocenie skuteczności stosowanych metod rewalidacyjnych, pozwolić na uzyskanie odpowiedzi, dlaczego u jednych osób ma miejsce postęp a u innych nie, pokazać od czego on zależy. Tym samym odpowiedzieć w sposób obiektywny i rzetelny na wiele pytań stawianych przez pedagogów specjalnych, i nie tylko, również przez rodziców dzieci z niepełnosprawnością .

## Podsumowanie

To co łączy pedagogikę specjalną i nauki pomocnicze to wspólny przedmiot badań – człowiek oraz to co wyróżnia go spośród innych żywych istot: umiejętność rozwijania się, zmiany poznawcze. Procesy te są zdeterminowane przez świat, w którym zachodzą oraz narząd który go umożliwia, czyli mózg [Spitzer 2007,

s. 13]. Stąd badania mózgu są tak istotne przy ich planowaniu, ocenie i realizacji praktycznej.

Oceniając obecny stan polskiej (i nie tylko) szkoły można przytoczyć opinię Manfreda Spitzera zamieszczoną w książce „Jak uczy się mózg”. Pisze on: „...Uczniowie nie są głupi, nauczyciele nie są leniwi, a nasze szkoły nie są do niczego. Ale od jakiegoś czasu wszyscy podejrzewamy, że coś jest nie tak...” [Spitzer 2007, s. 12]. Opinię tę niezbiecie potwierdzają wyniki badań PISA, programu, w którym uczestniczy również Polska o nazwie Międzynarodowa Ocena Umiejętności Uczniów OECD PISA (*Programme for International Student Assessment*). Badano w nim mózg piśmienny i matematyczny uczniów, jego szczegóły zawiera strona internetowa: [www.pisa.oecd.org](http://www.pisa.oecd.org).

Ogólny wniosek wynikający z badań to stwierdzenie, iż powinno się dogłębnie przemyśleć proces uczenia się w powołanych w tym celu instytucjach, czyli szkołach. W ramach tych przemyśleń Centrum Badań i Innowacji Edukacyjnych przy OECD (Centre for Educational Research and Innovation, CERI) w roku 1999 zaproponowało projekt (w tłumaczeniu): „Pedagogika i badania nad mózgiem: potencjalne implikacje dla polityki i praktyki edukacyjnej”. W jego ramach ma mieć miejsce współpraca polityków, pedagogów i badaczy mózgu w celu uzyskania wydajnych systemów kształcenia [Spitzer 2007, s. 275]. Podobne do zaprezentowanego podejście powinno być wypracowane i zrealizowane w formie badań uczniów niepełnosprawnych oraz współpracy osób decydujących o przyszłym kształcie pedagogiki specjalnej.

Obecny stan wiedzy na temat mózgu, realizowane w ostatnim czasie badania dynamicznie rozwijającej się dziedziny naukowej, jaką jest neuronauka, dają podstawę do stwierdzenia, że w ramach badań pedagogicznych powinno, wręcz musi, nastąpić przeniesienie wiedzy z badań nad mózgiem na badania nad rehabilitacją i edukacją osób ze specyficznymi potrzebami, w tym obecnie opracowywane zmiany w polskim systemie kształcenia specjalnego. W obliczu konieczności określenia kierunku tych zmian uwzględnienie neurobiologicznych podstaw diagnozy, rehabilitacji i edukacji daje realną szansę na uchronienie się przed popełnieniem błędów podczas podejmowania tak bardzo istotnych dla systemu kształcenia specjalnego decyzji, a osobom niepełnosprawnym szansę na efektywną, trafną i rzetelną rewalidację.

Podejmując ten trudny temat badawczy w Instytucie Pedagogiki Specjalnej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie powołano Katedrę Zastosowań Techniki w Diagnostyce i Rehabilitacji Osób z Niepełnosprawnością. Jej pracownicy prowadzą obecnie pierwsze prace w obszarze pedagogiki specjalnej polegające na zastosowaniu opisanych wcześniej metod elektroencefalografii QEEG oraz potencjałów wywołanych ERP do badania pracy mózgu osób z niepełnosprawnością podczas ich aktywności poznawczej, wywołanej stosowaniem konkretnej

metody rehabilitacyjnej. Ich wyniki zostaną przedstawione w formie osobnej publikacji.

## Bibliografia

- Blakemore S.J., Frith U., tłum. Andruszko A. (2008), *Jak uczy się mózg*, Wydawnictwo UJ, Kraków
- Błasiak W., Godlewska M., Rosiek R., Wcisło D. (2012), *Spectrum of physics comprehension*, „European Journal of Physics”, no. 33, s. 565–570
- Boyd D., Bee H., tłum. Gilewicz J., Wojciechowski A. (2007), *Psychologia rozwoju człowieka*, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań
- Durka P. (2009), *Badanie funkcji mózgu z wykorzystaniem encefalografii*, [w:] *Neurocybernetyka teoretyczna*, red. R. Tadeusiewicz, Wydawnictwo UW, Warszawa
- Dykcik W. (2001), *Wprowadzenie w przedmiot pedagogiki specjalnej jako nauki*, [w:] *Pedagogika specjalna*, red. W. Dykcik, UAM, Poznań
- Gnitecki J. (1994), *Zarys pedagogiki ogólnej*, Zysk i S-ka, Poznań
- <http://www.eyetrackin-glasses.com> [dostęp 4.05.2013]
- Lindsay P.H., Norman D.A. (1991), *Procesy przetwarzania informacji u człowieka*, PWN, Warszawa
- Milner A.D., Goodale M.A. tłum. Króliczak G. (2008), *Mózg wzrokowy w działaniu*, PWN, Warszawa
- Palka S. (2004), *Pogranicza pedagogiki i nauk pomocniczych*, Wydawnictwo UJ, Kraków
- Spitzer M., tłum. Guzowska-Dąbrowska A. (2007), *Jak uczy się mózg*, PWN, Warszawa
- Vasta R., Haiti M.M., Miller S.A., tłum. Babiuch M i in. (2001), *Psychologia dziecka*, WSiP, Warszawa
- Vetulani J. (2011), *Mózg: fascynacje, problemy, tajemnice*, Wydawnictwo Znak, Kraków
- Zielińska J. (2004), *Diagnoza i terapia sprawności ortofonicznej dzieci z uszkodzeniem słuchu wspomaganą techniką komputerową*, Wydawnictwo Naukowe UP, Kraków