



Jolanta Zielińska\*

Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego

## Zastosowanie osiągnięć neuronauki w procesie wspomagania rehabilitacji osób z niepełnosprawnością – przykładowe badania

### KEYWORDS

disability, rehabilitation, neuroscience, brain, research results

### ABSTRACT

Jolanta Zielińska, *Zastosowanie osiągnięć neuronauki w procesie wspomagania rehabilitacji osób z niepełnosprawnością – przykładowe badania* [The use of neuroscience achievements in the process of supporting the rehabilitation of people with disabilities – exemplary research]. *Kultura – Społeczeństwo – Edukacja* nr 1(23) 2023, Poznań 2023, pp. 101–114, Adam Mickiewicz University Press. ISSN (Online) 2719-2717, ISSN (Print) 2300-0422. <https://doi.org/10.14746/kse.2023.23.1.8>

The article presents the issue of nervous systems and the neural correlate of information processing in the context of the application of research results in this area in the process of supporting the rehabilitation of people with disabilities. The currently dynamically developing science of the borderland called “neuroscience” was presented, which is a great opportunity for special pedagogy to appear in its system, especially in the area of issues related to diagnosis and rehabilitation. The aim was to answer the question: What cognitive and research inspirations result from supporting the rehabilitation of people with disabilities with the achievements of neuroscience? The application of its achievements in the rehabilitation of people with disabilities has a complementary task, supporting an effective rehabilitation process in its practical dimension. The concept of a damaged brain of a disabled person was presented as a very general and imprecise one, resulting from diseases, injuries or developmental disorders, but

---

\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6810-6077>.

which fundamentally affects the functioning of various areas of the brain, causing various symptoms and functional disorders.

The essential and original part of the article is based on the latest literature on the subject, a review of the results of research on the brain work of people with various types of disabilities, made with the use of neuroimaging techniques. The concept of neuroplasticity was discussed in the context of obtaining an answer to the question: Can a damaged brain repair itself and how? By restoring, not bypassing, damaged or destroyed neural pathways. In conclusion, it was indicated that the intended effect of the discussed research is to create theoretical and empirical foundations for developing models of the functional architecture of the brain of a person with a specific type of disability, taking into account their individual capabilities, needs and even interests.

---

## Wprowadzenie

Problematyką systemów nerwowych i neuronalnym korelatem przetwarzania informacji w ramach nauki zwanej neurobiologią zajmują się zazwyczaj biolodzy, rzadziej psychologowie. Aktualnie w tym zakresie zachodzą dynamiczne zmiany. Naukowcy z takich dziedzin, jak: anatomia, biologia molekularna, biochemia, neurologia kliniczna, farmakologia, rehabilitacja, fizjologia, zoologia i psychologia stworzyli naukę pogranicza o nazwie *neuroscience*, jej polski odpowiednik to *neuronauka* (Milner i Goodale, 2008, s. 7). Stanowi ona wielką szansę dla zaistnienia w jej systemie pedagogiki specjalnej, zwłaszcza w obszarze zagadnień dotyczących diagnozy i rehabilitacji (Zielińska, 2015, s. 3).

Można zadać pytanie: Jakie inspiracje poznawcze i badawcze wynikają ze wspomaganie rehabilitacji osób z niepełnosprawnością osiągnięciami neuronauki? Należy podkreślić, iż stopień złożoności zjawisk związanych z niepełnosprawnością osób w pewnym sensie wymusza sposób zbierania o nich wiedzy o charakterze neuronalno-informatycznym. Takie bowiem postępowanie dostarcza informacji, które odpowiednio zinterpretowane, dają nowe szanse na ocenę skuteczności działań diagnostycznych i rehabilitacyjnych. Istotny staje się człowiek, jego umiejętność rozwijania się, w tym zmiany poznawcze. Procesy te są zdeterminowane przez świat, w którym zachodzą, oraz narząd, który je umożliwia, czyli mózg (Spitzer, 2007, s. 5). Stąd badania mózgu są tak istotne przy ich planowaniu, ocenie i realizacji praktycznej tych procesów; również, a może przede wszystkim, w obszarze rehabilitacji.

Wykorzystanie osiągnięć neuronauki w procesie rehabilitacji wynika z podjęcia problemu obiektywnej oceny skuteczności działań wdrażanych w odniesieniu do osób wykazujących odstępstwo od normy i użycia 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 przykładowo na pytania: Jakie 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 doprowadzanie do opracowania lepszych, skuteczniejszych programów rehabilitacyjno-wyrównawczych, a także sformułowanie oceny kosztów rehabilitacji czy kompensacji.

Podejmowane działania nie mają na celu zaniechania stosowania metod tradycyjnych, ale głębsze zrozumienie „ja” człowieka wykazującego zaburzenia i na tej podstawie opracowanie nowych metod rehabilitacji, wspomagających tradycyjne postępowanie przy danym rodzaju niepełnosprawności. Zastosowanie osiągnięć neuronauki w rehabilitacji osób z niepełnosprawnością ma zadanie uzupełniające, wspomagające skuteczny proces rehabilitacji w jego praktycznym wymiarze, codziennej praktyce (Zielińska, 2016, s. 4).

## **Zmiana w podejściu do rehabilitacji w kontekście badań mózgu**

Pojęcie uszkodzonego mózgu osoby niepełnosprawnej jest dość ogólne i nieprecyzyjne, ponieważ niepełnosprawność może wynikać z różnych przyczyn i mieć różne formy. Uszkodzenia mózgu, czy to wynikające z chorób, urazów czy zaburzeń rozwojowych, mogą wpływać na funkcjonowanie różnych obszarów mózgu i wywoływać różne objawy i trudności. Na przykład osoby z porażeniem mózgowym często mają uszkodzenia w obszarze kory mózgowej odpowiedzialnym za ruch, co powoduje trudności w kontrolowaniu mięśni i koordynacji ruchowej. Osoby z padaczką mogą mieć uszkodzenia w obszarach mózgu odpowiedzialnych za kontrolę impulsów nerwowych, które wywołują napady padaczkowe. Natomiast osoby z autyzmem mogą mieć nieprawidłowości w różnych obszarach mózgu,

takich jak kora przedczołowa, zakręt skroniowy, zakręt ciemieniowy i ciało mózdelowate, co może powodować trudności w zakresie spostrzegania, komunikacji, interakcji społecznych i umiejętności poznawczych. W każdym przypadku uszkodzenia mózgu wpływają na funkcjonowanie mózgu i mogą skutkować trudnościami w codziennym życiu, ale jednocześnie każda osoba jest wyjątkowa i potrzebuje indywidualnego podejścia do leczenia i terapii. Mózg osób niepełnosprawnych jest przedmiotem wielu badań, ponieważ zrozumienie tych osób może pomóc w opracowaniu lepszych terapii i wsparcia.

Jednym z najnowszych badań jest badanie przeprowadzone przez zespół naukowców z Uniwersytetu Stanforda, którzy skupili się na badaniu mózgu osób z porażeniem mózgowym dziecięcym. Badanie wykazało, że niektóre obszary mózgu osób z porażeniem mózgowym dziecięcym są przekształcone tak, że obszary kontrolujące ruchy kończyn są wykorzystywane do innych funkcji, takich jak przetwarzanie języka lub wzrok. Inne badania skupiają się na badaniu mózgu osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu, ADHD lub innymi zaburzeniami neurologicznymi. Badania te wykazują, że mózgi osób z tymi zaburzeniami mogą mieć nieprawidłowe połączenia między różnymi obszarami mózgu lub inne różnice w strukturze mózgu, co może wpływać na ich funkcjonowanie. Wszystkie te badania mają na celu lepsze zrozumienie mózgu osób z niepełnosprawnościami, aby można było opracować lepsze terapie i strategie wsparcia dla tych osób.

Badania nad mózgiem wskazują w sposób jednoznaczny, iż w interdyscyplinarnym obszarze neuronauki można operować pojęciem uszkodzonego mózgu, chociaż jest ono bardzo trudne do zdefiniowania i wysoce niejednoznaczne. Powodem jest chociażby fakt, że nie da się stworzyć w pełni schematycznie uporządkowanego modelu rozwoju ludzkiego mózgu w całym cyklu życia. Trajektoria rozwoju mózgu jest uwarunkowana genetycznie i przebiega w uporządkowanym hierarchicznie porządku w dwóch stadiach: prenatalnym i postnatalnym. W obrębie każdego stadium ma miejsce wiele okresów rozwojowych i obowiązują pewne prawidłowości. Rozwój poszczególnych struktur i funkcji mózgu nie kończy się w danym okresie, ale trwa w następnych, zwiększa się więc ich zakres i złożoność. Dotyczy to szczególnie wczesnie rozwijających się ośrodków nerwów przedsionkowych, węchu, słuchu i wzroku. Dlatego uszkodzenia mózgu we wczesnych okresach powodują strukturalno-funkcjonalne zmiany praktycznie niemożliwe do usunięcia i skutkujące zaburzeniami przebiegu kolejnych etapów rozwoju mózgu. Stosunkowo późno rozwijają się takie struktury mózgu, jak kora mózgowa, hipokamp oraz pewne okolice mózdzku. Stąd w ich obrębie mają miejsce zmiany funkcjonalne, które są bardziej podatne na oddziaływania o charakterze adaptacyjno-terapeutycznym (Rostowski, 2012, s. 42). Zastanawiając się nad skuteczność-

cią oddziaływań rehabilitacyjnych, należy więc wziąć pod uwagę wiele czynników, w tym wiek, czas i miejsce uszkodzenia układu nerwowego.

Uszkodzenie układu nerwowego człowieka skutkuje poważnymi problemami w jego funkcjonowaniu. Przykładowo uszkodzenie płata czołowego mózgu może powodować niedowład, porażenia kończyn, a także zaburzenia cech osobowości. Następstwem uszkodzenia płata ciemieniowego może być przeciwstronna niedoczulica. W płacie potylicznym znajdują się ośrodki wzrokowe, co skutkuje w przypadku jego uszkodzenia występowaniem zaburzeń w polu widzenia. Uszkodzenie w płacie skroniowym może być przyczyną problemów ze słuchem, a uszkodzenie kory mózgowej może prowadzić do zaburzeń funkcji związanej z konkretnym uszkodzonym obszarem. Przykładowo może powodować takie dysfunkcje, jak: niedowład, zaburzenia mowy czy niedowidzenie. Może też, wyzwalając nadmierną aktywność komórek leżących w sąsiedztwie uszkodzonej strefy, spowodować nadpobudliwość, a w konsekwencji wystąpienie napadów padaczkowych. Zwoje podstawy regulują napięcie mięśniowe i zapewniają kontrolę ruchów zautomatyzowanych. Ich uszkodzenie skutkuje zaburzeniami ruchowymi i postawą ciała. Pień mózgu odpowiada za funkcjonowanie najważniejszych czynności życiowych, takich jak oddychanie, praca serca, przemiana materii i regulacja temperatury. Z kolei mózdzek moduluje napięcie mięśni i wpływa na utrzymanie prawidłowej postawy ciała. Jego uszkodzenie skutkuje zaburzeniami wykonywania ruchów precyzyjnych i powoduje trudności w utrzymywaniu równowagi ciała. Głównym skutkiem uszkodzenia rdzenia kręgowego jest utrata czucia i możliwości wykonywania ruchu poniżej miejsca urazu. Stopień niepełnosprawności zależy od miejsca i wielkości uszkodzenia (Nyka, 1996, s. 32).

Osoby dorosłe mające uszkodzone płaty czołowe są funkcjonalnie podobne do małych dzieci. Podobieństwo dotyczy takich zachowań, jak: słabe poczucie czasu, krótki okres skupienia uwagi, brak samokontroli, hamowanie zachowań oraz niższa samoświadomość. Ten rodzaj uszkodzenia neurologicznego mózgu opóźnia i bardzo mocno ogranicza rozwój zdolności poznawczych. Problem polega dodatkowo na tym, iż płaty czołowe mózgu dojrzewają najwolniej i od początku nie nadążają w swoim rozwoju za innymi obszarami mózgu. W okresie prenatalnym jest to ostatnia rozwijająca się okolica mózgu. Po urodzeniu problem nie znika. Synapsy w płatach czołowych tworzą się i przerzedzają wolniej niż w innych okolicach mózgu. Osiągają one odpowiednio wysoką gęstość dopiero około siódmego roku życia. Przykładowo w korze wzrokowej proces ten zachodzi już w pierwszym roku życia (Eliot, 2010, s. 9).

Czynnikiem biochemicznym ograniczającym postęp poznawczy osoby z uszkodzonymi płatami czołowymi, podobnie jak małego dziecka, jest neuro-

przekaznik o nazwie dopamina. Jego poziom rośnie stosunkowo wolno, a niestety oddziałuje on na wiele obwodów nerwowych w mózgu. Mielinizacja włókien w płatach czołowych trwa dwadzieścia kilka lat (Diamond, 1996, s. 1487). Badania aktywności elektrycznej i metabolicznej wykazały, iż niedojrzałość płatów czołowych u małych dzieci, podobnie jak ich uszkodzenie u dorosłych, powoduje znaczne ograniczenie zdolności umysłowych. Osoby takie nie są zdolne, przykładowo, do samokontroli czy elastycznego myślenia (Eliot, 2010, s. 11).

Kolejny interesujący obszar badawczy zastosowania osiągnięć neuronauki w procesie wspomagania rehabilitacji osoby z niepełnosprawnością dotyczy uzyskania odpowiedzi na pytania: W jaki sposób mózg tworzy inteligencję? Jakiego rodzaju uszkodzenia mózgu mogą zakłócać tworzenie się inteligencji? Odpowiedź obejmuje cechę odmienności funkcji dwóch półkul mózgowych i przebieg rozwoju mózgu w pierwszych latach życia. Dziecko rodzi się z przewagą prawej półkuli nad lewą, gdyż szczególnie istotne dla jego rozwoju są zdolności wzrokowo-przestrzenne, za które ta pierwsza odpowiada. W drugim roku życia, kiedy dziecko zaczyna mówić, staje się bardziej świadome siebie i motywów swojego działania, rozwój półkuli lewej i prawej ulega wyrównaniu. Około czwartego roku życia w sposób istotny poprawia się komunikacja pomiędzy półkulami, co prowadzi do pełnego rozwoju świadomości. Wtedy ma miejsce integracja strony analitycznej i intuicyjnej mózgu. Półkula lewa odpowiada bowiem za sekwencyjne przetwarzanie informacji i operowanie symbolami. Odpowiada ona więc za rozwój języka i racjonalne myślenie. Półkula prawa przetwarza informacje bardziej całościowo i równocześnie, ma więc większy udział w emocjach. U większości ludzi półkula lewa dominuje nad prawą (Eliot, 2010, s. 27).

## **Przykłady zastosowania technik neuroobrazowania pracy mózgu w procesie wspomagania rehabilitacji osób z niepełnosprawnością**

Znaczenie technik neuroobrazowania pracy mózgu w procesie wspomagania rehabilitacji osób z niepełnosprawnością można dostrzec, przykładowo, w diagnozie i rehabilitacji funkcji poznawczych. Mapowanie mózgu pozwala ustalić, jak są przydzielone określone funkcje do jego odpowiednich obszarów i wyprowadzić wnioski, jak uszkodzenie mózgu w obrębie konkretnego obszaru zaburza lub wręcz wyłącza daną funkcję. Powstaje pytanie: Jak wykorzystać tę wiedzę? Można przewidywać skutki funkcjonowania poznawczego, znając lokalizację uszkodzenia w mózgu; można kontrolować zmiany poznawcze i kierunek rehabilitacji w tym

zakresie. W końcu można spróbować opracować nowe narzędzia rehabilitacyjne oddziałujące na dany obszar mózgu, stymulujące jego funkcjonowanie (Zielińska, 2015, s. 23).

W tym miejscu należałoby bardzo wyraźnie podkreślić, że na podstawie doniesień literaturowych uprawnione jest stwierdzenie, iż metoda rezonansu magnetycznego jest wiodącą metodą stosowaną we wszystkich badaniach empirycznych prowadzących do mapowania mózgu i na tej podstawie wyprowadzania wniosków o jego funkcjonowaniu (Blakemore i Frith, 2008, s. 17; Ramachandran, 2012, s. 23; Spitzer, 2007, s. 33). Problem, o którym piszą autorzy badań, to małe grupy badawcze (często są to jedynie trzy lub cztery osoby), sztuczne warunki badań: stacjonarna aparatura badawcza, nieprzyjazna osobie badanej, wręcz stresująca ją, i w końcu problem samej osoby badanej związany z koniecznością utrzymania stałej pozycji podczas badania. Jest to praktycznie nie do osiągnięcia w przypadku małych dzieci, a tym bardziej dzieci z niepełnosprawnością.

Poprawa funkcjonowania mózgu jest możliwa dzięki neuroplastyczności, czyli zdolności do przywracania zaburzonych funkcji poprzez zastępowanie utraconych lub uszkodzonych systemów aktywności neuronalnej za pomocą reorganizacji pozostałych zachowanych. Bardzo podobnie do tak rozumianej plastyczności mózgu funkcjonuje odporność o podłożu genetyczno-neuronalnym (ang. *resilience*). Jest to rozwojowy, dynamiczny proces pozytywnej adaptacji i kompetentnego funkcjonowania pomimo niekorzystnych okoliczności, przykładowo urazu (Cicchetti i Blender 2006, s. 252). Taka neuronalna plastyczność stanowi podstawę dla zdolności do zmian właściwości ośrodkowego układu nerwowego, w tym procesów umysłowych, przykładowo uczenia się i pamięci. Rozróżnia się także neuronalną plastyczność poznawczą. Polega ona na stosowaniu twórczych strategii do polepszenia funkcjonowania w sferze intelektualnej, emocjonalnej oraz społecznej (Rostowski, 2012, s. 17). Mózg, w odpowiedzi na bodźce, tworzy, dzięki swojej plastyczności, nowe ślady pamięciowe, buduje nowe białka i nowe połączenia synaptyczne. Plastyczność mózgu oraz dostarczanie odpowiednich bodźców dla jego rozwoju (zwłaszcza w okresach wrażliwych) oraz ćwiczenia umysłowe to podstawa jego prawidłowego funkcjonowania. Jednocześnie jest to szansa dla osób, których mózg nie funkcjonuje do końca prawidłowo. Michael O'Shea w swojej książce pod tytułem *Mózg* pisze: „Warto więc pamiętać o tym, że mózgu trzeba używać, aby go nie stracić” (O'Shea, 2012, s. 134). To, jak będą go używać osoby z niepełnosprawnością, zależy w dużej mierze od odpowiednio zaplanowanej i indywidualnie dobranej rehabilitacji uwzględniającej aktualne osiągnięcia neuronauki.

Plastyczność neuronalna jest największa w okresie neurogenezy obejmującej cały okres tworzenia się mózgu. Rozwój neuronów we wczesnych okresach życia

jest bardzo podatny na działanie czynników zewnętrznych. To, co bardzo istotne dla planowania pracy pedagoga specjalnego, to fakt, że jeśli w okresach krytycznych, w których plastyczność neuronalna jest największa, zabraknie odpowiednich bodźców – neurony rozwiną się nieprawidłowo i mózg w przyszłości będzie wykazywał poważne problemy w przetwarzaniu informacji charakterystycznych dla tych bodźców (Vetulani, 2011, s. 12). Czas na odpowiednio dobraną rehabilitację zostanie bezpowrotnie stracony. Mózg będzie w tym obszarze sensorycznym, odpowiedzialnym za przetwarzanie tych bodźców, wręcz uszkodzony. Badania w tym zakresie, potwierdzające tę teorię, przeprowadzono u osób niewidomych od urodzenia, z wrodzoną kataraktą. Jeśli operacyjnie odzyskiwały one funkcjonalnie wzrok w wieku 10 lat lub powyżej tej granicy ich mózg nie był w stanie prawidłowo przetwarzać bodźców wzrokowych; były one dla niego niezrozumiałe (Vetulani, 2011, s. 13). Rehabilitacja przewidziana w procesie wczesnego wspomaganie rozwoju dziecka uwzględnia pokazane prawidłowości. Mózg dziecka ze specjalnymi potrzebami rozwojowymi musi być uaktywniany nowymi bodźcami, wrażeniami, które sprowokują odpowiedzi i zmuszą mózg do pracy. Okres krytyczny, uzależniony od doświadczenia, z uwagi na swoje podłoże neuronalne może powodować istotne źródło zaburzeń zachowania, zwłaszcza w okresie od niemowlęctwa do wczesnej młodości lub z odroczeniem w dorosłości. Te same bodźce działające w różnych okresach krytycznych mogą wywoływać znacząco inne skutki rozwojowe. Duża plastyczność mózgu to wzbogacony rozwój, ale również zwiększona podatność dziecka na możliwe zaburzenia (Rostowski, 2012, s. 112).

Biologia współdziała z pracą rehabilitacyjną. Optymalny rozwój mózgu zapewniony jest dzięki rywalizacji nazywanej *darwinizmem neuronalnym*, prowadzącym do wymierania pomiędzy 8 a 15 rokiem życia dużej liczby neuronów. Mózg decyduje, kiedy i co uznaje za przydatne dla swojego rozwoju. Wzbogacone, zróżnicowane, atrakcyjne środowisko, w tym wysiłek intelektualny powodują, że człowiek staje się bardziej inteligentny. Neurogenaza ma również miejsce w mózgu osób dojrzałych. Zdolność mózgu do plastyczności przez całe życie to szansa na lepsze funkcjonowanie. Jerzy Vetulani w książce *Mózg: fascynacje, problemy, tajemnice* pisze: „jesteśmy tak młodzi, jak młody i plastyczny jest nasz mózg, powinniśmy dbać o to, aby plastyczność mózgu utrzymywać” (Vetulani, 2011, s. 91).

Plastyczność mózgu dla działań terapeutycznych jest bardzo pożądana, stanowi wręcz szansę na sukces w tym zakresie. Może ona jednak stać się pułapką dla poprzedzającej terapię obiektywnej i rzetelnej diagnozy. Neurony wykazują bowiem, oprócz zdolności plastycznych, również zdolności kompensacyjne. Podczas gwałtownego i niekorzystnego, bo o podłożu chorobowym, wymierania ich części, pozostałe przejmują funkcje i zwiększają swój wysiłek. Jest to charakterystyczne



dla chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Parkinsona czy choroba Alzheimera. Pierwsze, widoczne objawy choroby mają miejsce po wymarciu od 70% do 80% zniszczonych przez chorobę neuronów. Późne rozpoznanie choroby wyklucza skuteczną terapię (Vetulani, 2011, s. 142). Problem kompensacyjnych zdolności neuronów jest aktualnie mało rozpoznany. W kręgu zainteresowania neurobiologów jest głównie zdolność plastyczności neuronalnej mózgu. Dla pedagogów specjalnych zdolność kompensacji neuronalnej mózgu stanowi bardzo ciekawy i obiecujący obszar badawczy. Wykorzystanie podczas odpowiednio zaplanowanej rehabilitacji zdolności kompensacji neuronalnej mózgu może stanowić podstawę poprawy funkcjonowania osób z niepełnosprawnością.

Kolejnym wyzwaniem badawczym jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie: Czy i jak uszkodzony mózg może ulec samonaprawie? W tym przypadku ma miejsce odtwarzanie, a nie omijanie uszkodzonych lub zniszczonych ścieżek neuronalnych. Centralne ścieżki neuronalne w mózgu, w przeciwieństwie do obwodowych sensorycznych, nie mają zdolności regeneracji. W związku z tym aktualnie prowadzone badania dotyczą uzyskania odpowiedzi na pytanie: Dlaczego centralny system nerwowy nie może się samodzielnie zregenerować? Są podstawy, by sądzić, że w dojrzałym centralnym układzie nerwowym produkowane są inhibitory hamujące odrastanie aksonów w miejscu uszkodzenia mózgu. Nie dzieje się tak w obwodowym systemie nerwowym i co najważniejsze – w młodym mózgu. W młodym, rozwijającym się mózgu osłonka mielinowa wzmacnia wzrost młodych aksonów i to stanowi szansę na jego samonaprawę. W mózgu osoby dorosłej problem można rozwiązać, jeśli w ogóle, jedynie na drodze farmakologicznej (O'Shea, 2012, s. 33).

W ramach prac nad problemem samonaprawy uszkodzonego mózgu badacze dostrzegli możliwości w stymulacji procesu neurogenezy przez komórki macierzyste układu nerwowego. Mogą być one źródłem nowych neuronów, dzieląc się okresowo w dwóch rejonach mózgu. Są to komory zawierające płyn mózgowo-rdzeniowy, który odżywia ośrodkowy układ nerwowy, oraz hipokamp. Jest to struktura mózgu odpowiadająca za procesy nauki i zapamiętywania, głównie przyswajania nowych informacji. Podczas badań w mózgach dorosłych osób nowe neurony znajdowano w dwóch miejscach: hipokampie oraz opuszkach węchowych, służących do analizy zapachów. Mechanizm powstawania nowych neuronów w mózgu, których źródłem są komórki macierzyste, polega na ich okresowym podziale prowadzącym do powstawania kolejnych komórek macierzystych oraz komórek prekursorowych. Z nich rozwijają się neurony lub komórki pomocnicze, czyli glejowe. Komórki prekursorowe oddalają się od źródła, czyli migrują i różnicują. Około połowa z nich ginie, pozostałe odnawiają układ nerwowy. Tłumaczy to pewne zjawisko – u dorosłych ludzi po uszkodzeniu mózgu ma miejsce popra-

wa jego stanu, ale nigdy całkowita. Badania prowadzone w ramach neuronauki postawiły sobie za cel opracowanie metod skłaniania komórek macierzystych lub prekursorów do podziałów i różnicowania się wtedy, gdy zaistnieje taka potrzeba. To zjawisko umożliwiłoby samonaprawę mózgu, wyleczyłby się on sam (Alvarez-Buylla i Garcia-Verdugo, 2002, s. 629–634).

Ostatni problem do opisanie to sytuacja, w której mózg nie jest fizycznie uszkodzony, ale pomimo to działa w sposób nieprawidłowy. Ma to miejsce w takich chorobach, jak depresja czy schizofrenia, kiedy nie są uszkodzone ścieżki nerwowe, ale komunikacja chemiczna. W mózgu istnieją dwa typy neurotransmiterów tworzących sieć połączeń: hamujących lub przyspieszających połączenia pomiędzy neuronami. Zakłócenie w zakresie ich działania skutkuje nieprawidłową pracą mózgu. Problem dotyka od 20% do 40% dorosłych osób i jest znany od ponad pół wieku. Niestety wciąż niewiele wiadomo na temat jego neurobiologicznych podstaw (O’Shea, 2012, s. 132). Zainteresowanie tą problematyką ze strony pedagogiki specjalnej obejmuje jedynie spektrum autyzmu. Istnieją bowiem podejrzania, obecnie na etapie prac badawczych, że niektóre objawy spektrum autyzmu, podobnie jak choroba dwubiegunowa, mają swoje podłoże w biochemicznym uszkodzeniu pracy mózgu. Badania mózgu osób z ASD sugerują, że istnieją pewne różnice w funkcjonowaniu mózgu osób z tym zaburzeniem w porównaniu z innymi osobami. Obszary mózgu, które są często analizowane w badaniach mózgu osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu, to:

- kora przedczołowa – obszar mózgu odpowiedzialny za planowanie, organizowanie i podejmowanie decyzji. Niektóre badania wykazały, że u osób z ASD kora przedczołowa może funkcjonować inaczej niż u osób bez zaburzeń ze spektrum autyzmu;
- zakręt skroniowy górny – obszar mózgu związany z przetwarzaniem informacji społecznych, takich jak rozpoznawanie emocji i nastroju innych ludzi. Badania sugerują, że u osób z ASD ten obszar mózgu może być mniej aktywny lub ma słabsze połączenia z innymi obszarami mózgu;
- zakręt obręczy – obszar mózgu związany z integracją informacji z różnych źródeł i koordynacją działania różnych obszarów mózgu. Niektóre badania wykazały, że u osób z ASD ten obszar mózgu może mieć inny kształt lub wielkość niż u innych osób (Brown i in., 2012, s. 1693–1698).

Oczywiście wyniki badań mózgu osób z autyzmem nie są jednoznaczne i różnią się w zależności od badanej grupy osób i metod badawczych. Jednakże te badania pomagają lepiej zrozumieć autyzm i mogą przyczynić się do opracowania bardziej skutecznych terapii dla osób z tym zaburzeniem. Jednym z przykładów wyników badań mózgu osób z autyzmem jest odkrycie, że u niektórych z tych osób

występują nieprawidłowości w połączeniach między różnymi obszarami mózgu. Badania przeprowadzone za pomocą technik obrazowania mózgu, takich jak rezonans magnetyczny (MRI), wykazały, że u niektórych osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu występują zniekształcenia w strukturze połączeń nerwowych między różnymi obszarami mózgu, co może wpływać na ich funkcjonowanie (Noami i Uddin, 2015, s. 735). Inne badania wykazały, że u osób z autyzmem istnieją różnice w reakcjach mózgu na bodźce społeczne, takie jak obrazy lub dźwięki przedstawiające twarze lub głosy ludzi. Na przykład badania przeprowadzone przez zespół naukowców z Uniwersytetu Yale potwierdziły w sposób jednoznaczny, że u osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu istnieją różnice w reakcjach mózgu na twarze ludzkie.

Autorem pionierskich prac w obszarze badań obrazowych mózgu dzieci z zaburzeniami ze spektrum autyzmu był Eric Courchesne. Prac badawczych w tym zakresie przeprowadzono bardzo wiele, praktycznie wszystkie z użyciem metody rezonansu magnetycznego. Na podstawie eksperymentów wykazano, że jeśli dziecko rozwija się prawidłowo, to w bardzo szybkim tempie nabywa ono zdolność mentalizacji. Około piątego roku życia potrafi ono zrozumieć złożone skrypty, czyli scenariusze społeczne. Dzieci autystyczne nie rozwijają takiej zdolności. Stąd hipoteza wadliwego modułu mentalizacji jako podstawy etiologii autyzmu. Potwierdziły ją badania oparte na wykorzystaniu metod neuroobrazowania mózgu. Zadania wymagające wnioskowania aktywują trzy kluczowe okolice mózgu odpowiadające za zachowania społeczne. Należą do nich: przysiódkowa kora przedczołowa (odpowiadająca za monitorowanie wewnętrznych stanów psychicznych u siebie i innych), bruzda skroniowa górna (odpowiedzialna za rozpoznawanie i analizowanie ruchów i działań ludzi) oraz bieguny skroniowe, które przylegają do ciała migdałowatego i są zaangażowane w przetwarzanie emocji.

U osób z zespołem Aspergera wymienione okolice mózgu wykazują słabsze połączenia i są tym samym mniej aktywne. Można więc przypuszczać, że istnieją specyficzne okolice mózgu, które u osób z autyzmem rozwijają się nieprawidłowo. Badania wskazują na płaty skroniowe, płaty czołowe i mózdzek, chociaż objawy nie są charakterystyczne dla jego uszkodzenia. U dzieci autystycznych nie ma miejsca typowy dla uszkodzenia mózdzku oczopląs, drżenie zamiarowe czy ataksja. Prawdopodobnie zmiany w obrębie mózdzku u dzieci z zaburzeniami ze spektrum autyzmu są spowodowane działaniem zmutowanych genów, czyli objawem ubocznym (Ramachandran, 2012, s. 33). Wykazano również, że po pierwszym roku życia mózg dziecka z zaburzeniami ze spektrum autyzmu staje się większy i cięższy. Ma on większe komory, czyli przestrzenie zawierające płyn mózgowo-rdzeniowy niż mózg prawidłowo rozwijającego się dziecka. Może to wskazywać

na nieprawidłowości w przebiegu procesu przycinania synaptycznego (Blakemore i Frith, 2008, s. 5). Przedstawione wyniki badań wskazują na przydatność metod neuroobrazowania mózgu w badaniach etiologii autyzmu. Jednocześnie są one szansą na lepsze zrozumienie zaburzeń ze spektrum autyzmu i planowanie skutecznego postępowania rehabilitacyjnego.

## Podsumowanie

Obecny stan wiedzy na temat mózgu, w tym realizowane w ostatnim czasie badania wykorzystujące techniki neuroobrazowania jego pracy dają podstawę do stwierdzenia, że w ramach badań pedagogicznych powinno nastąpić, wręcz musi, przeniesienie wiedzy z badań nad mózgiem na badania nad rehabilitacją i edukacją osób z niepełnosprawnością. 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. Osobom niepełnosprawnym daje zaś szansę na efektywną, trafną i rzetelną rehabilitację. Działania w tym zakresie są od lat intensywnie podejmowana w dwóch obszarach naukowych: neuropsychologii i neurolingwistyki (Pąchalska, 2009, s. 55; Szeląg, 2005, s. 102).

Zastosowanie metod obrazowania mózgu w rehabilitacji wspomaga weryfikację empiryczną aktualnie prowadzonych badań w zakresie funkcjonowania mózgu i różnic indywidualnych, ujmowanych z perspektywy poznawczej i neurokognitywistycznej w ich aspekcie pedagogicznym. Celem tych badań są próby identyfikowania mechanizmów wybranych funkcji mózgu i cech indywidualnych poprzez poszukiwanie elementarnych procesów przetwarzania informacji i zmiennych neurobiologicznych leżących u ich podstaw. Prowadzone badania obejmują takie obszary funkcji poznawczych mózgu, jak: pamięć robocza, kontrola poznawcza, nabywanie wiedzy, podejmowanie decyzji, regulacja emocji, regulacja poziomu stymulacji i poziomu aktywacji, samoregulacja, automatyczne i nieświadome procesy poznawcze oraz różnice indywidualne w zakresie funkcjonowania mózgu osób z różnym rodzajem niepełnosprawności. W badaniach uwzględnione są także zagadnienia neuropsychologii klinicznej dotyczące zmian funkcjonowania mózgu u osób z niepełnosprawnością intelektualną. Zamierzonym efektem tych badań jest stworzenie teoretycznych i empirycznych podstaw do opracowania modeli funkcjonalnej architektury mózgu osoby z konkretnym rodzajem niepełnosprawności, uwzględniających jej indywidualne możliwości, potrzeby, a nawet

zainteresowania. Badania dotyczą praktycznych zastosowań takich modeli w zakresie diagnozy, treningu i rehabilitacji funkcji poznawczych mózgu u osób z niepełnosprawnością.

Zmiana społeczna i kulturowa spowodowała pewne zagrożenia dla wychowania człowieka, szczególnie zaś dziecka z niepełnosprawnością. Stąd potrzeba, a nawet konieczność prowadzenia badań interdyscyplinarnych. Paradygmat humanistyczny czyni z niepełnosprawności zagadnienie wieloaspektowe i indywidualne. Istnieje pilna potrzeba wykorzystania potencjału intelektualnego osób z niepełnosprawnością poprzez dobór odpowiednio prowadzonej diagnozy i rehabilitacji, zgodnie z ich możliwościami, potrzebami i zainteresowaniami. Postuluje on tworzenie indywidualnej, spersonalizowanej ścieżki rozwojowej lub/i edukacyjnej dla osób zagrożonych wykluczeniem społecznym, a więc również niepełnosprawnych, z wykorzystaniem do tego celu możliwości nowoczesnych technologii, w tym osiągnięć neuronauki.

## Bibliografia

- Alvarez-Buylla, A., Garcia-Verdugo, J.M. (2002). Neurogenesis in adult subventricular zone. *Journal of Neuroscience*, 22(3), 629–634.
- Blakemore, S.J., Frith, U. (2008). *Jak uczy się mózg* (R. Andruszko, tłum.). Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Brown, T.T, Kuperman, J.M., Chung, Y., Erhart, M., McCabe, C., Hagler, D.J., Jr, Dale, A.M., Venktraman, V.K., Akshoomoff, N., Amaral, D.G., Bloss, C.S., Casey, B.J., Chang, L., Ernst, T.M., Frazier, J.A., Gruen, J.R., Kaufmann, W.E., Kenet, T., Kennedy, D.N., Murray, S.S., Sowell, E.R., ... Dale, A.M. (2012). Neuroanatomical assessment of biological maturity. *Current Biology*, 22(18), 1693–1698.
- Cicchetti, D., Blender, J.A. (2006). A multiple-levels-of-analysis perspective on resilience. Implications for the developing brain, neural plasticity and preventive interventions. *Annales of New York Academy of Sciences*, 1094, 248–258.
- Diamond, A. (1996). Evidence for the importance of dopamine for prefrontal cortex functions early in life. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 351(1346), 1483–1494.
- Eliot, L. (2010). *Co tam się dzieje? Jak rozwija się mózg i umysł w pierwszych pięciu latach życia* (A. Jankowski, tłum.). Wydawnictwo Media Rodzina.
- Milner, A.D. Goodale, M.A. (2008). *Mózg wzrokowy w działaniu* (G. Króliczak, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Nomi, J.S., Uddin, L.Q. (2015). Developmental changes in large-scale network connectivity in autism. *NeuroImage. Clinical*, 7, 732–741.
- Nyka, W. (1996). Badania w chorobach układu nerwowego. W: L. Kalinowski (red.), *Encyklopedia badań medycznych* (s. 32–34). Wydawnictwo Makmed.
- O’Shea, M. (2012). *Mózg* (P. Bucki, tłum.). Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Pąchalska, M. (2009). *Rehabilitacja neuropsychologiczna*. Wydawnictwo UMCS.

- Ramachandran, V.S. (2012). *Neuro nauka o podstawach człowieczeństwa. O czym mówi mózg?* (A. Binder, M. Binder, E. Józefowicz, tłum.). Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Rostowski, J. (2012). *Rozwój mózgu człowieka w cyklu życia. Aspekty bioneuropsychologiczne*. Wydawnictwo Difin.
- Spitzer, M. (2007). *Jak uczy się mózg* (M. Guzowska-Dąbrowska, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Szeląg, E. (2005). Mózg a mowa. W: T. Gałkowski, E. Szeląg, G. Jastrzębowska (red.), *Podstawy neurologopedii* (s. 98–151). Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego.
- Vetulani, J. (2011). *Mózg: fascynacje, problemy, tajemnice*. Wydawnictwo Znak.
- Zielińska, J. (2015). *Metody obrazowania pracy mózgu w perspektywie pedagogiki specjalnej. Wybrane zagadnienia*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.
- Zielińska, J. (2016). *Wybrane techniki obrazowania sygnałów w perspektywie pedagogiki specjalnej. Przykłady zastosowania w praktyce diagnostyczno-terapeutycznej*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.