

**IRENA GROCHOWSKA<sup>1</sup>**

## **Metapoznanie – czy możemy być świadomi przebiegu własnego procesu uczenia się stosując neurofeedback**

**Słowa kluczowe:** metapoznanie, biofeedback, neurofeedback, strategie metakognitywne i kognitywne, fale mózgowie, samoregulacja

**Key words:** metacognition, biofeedback, neurofeedback, metacognitive and cognitive strategies, brain waves, self-regulation

### **SUMMARY**

#### **Meta cognition – can we be aware of the process of our own learning – usage of neurofeedback**

The human mind is the mediator of knowledge about the world, because no human being has direct knowledge of their surrounding reality.

All knowledge is „read and transported” by the brain and nervous system. Regardless of the progressive nature of the research into psychic phenomena, we are still faced with the mystery of what phenomena occur in the brain. The difficulties are mainly due to the interdisciplinary nature of cognitive science. Cognitive science as an interdisciplinary field, which attempts to explore the human mind and find a common area of research to unite all scientific research. Attempts to understand the mind constitute the most interdisciplinary task. Neuroscience is

---

<sup>1</sup> Adres: Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, Instytut Ekologii i Bioetyki, ul. Wóycickiego 1/3, b. 24, p. 406, 01-938 Warszawa. Adres e-mail: i.grochowska@uksw.edu.pl.

one of the disciplines that make up modern cognitive science. Neurobiology suggests the variety of processes that occur either in individual cells, the brain and nervous system, and the human body.

Modern studies indicate the possibility of cognition of the brain in order to apply effective teaching and education. How does the brain learn? This question stimulates researchers to interdisciplinary cooperation in order to obtain a satisfactory answer. Recently there have been many new concepts related to research into the brain and methods that allow you to better utilize the potential of the brain in order to undertake a conscious process of self-discovery. The science of the brain is not only a part of medical science or biology, but also disciplines such as pedagogy and didactics. The concepts neuroteaching, neurodidactics and neurotechnologies are new, still relatively unknown and unused. Reflecting on the conscious changes in the learning process, it is worth looking into the rules of biofeedback and neurofeedback and the possibilities to practically applying EEG biofeedback training, which is becoming a readily available method.

Insightful observations of bioelectrical activity of the brain have led to naming multiple correlations between the mental state of individuals, their behaviour and EEG activity. Biofeedback, as a neuro technological road to self-discovery, allows for the individual functions of the brain and body, previously considered involuntary, to become dependent on our will to a certain degree. Upon obtaining a higher degree of self-awareness, self-regulatory responses develop. Proponents of this method argue that self-regulation will become a major part of health care in the twenty-first century.

## **Wstęp**

W poszukiwaniu skutecznych rozwiązań dotyczących procesu uczenia się, coraz częściej szuka się nowatorskich pomysłów tak bardzo cenionych we współczesnych czasach. Prawdą jest, że coraz doskonalsze stają się rozwiązania technologiczne, ale sednem procesu poznania

i uczenia się jest sam człowiek. Angażując się w nowoczesne rozwiązania, warto zawsze cofnąć się do historii, bo niejednokrotnie można znaleźć w niej inspiracje do nowych teorii. Średniowieczne modele kształcenia filozoficznego można by uznać za bardziej skuteczne niż obecnie stosowane modele dydaktyczne. Założenie średniowiecznych, historycznych modeli opierało się na motywacji, której towarzyszyła otwartość, pasja, poszukiwanie prawdy i przekonanie o ważności i celowości podejmowanych poszukiwań i zadań.

Wojcieszek (2011) proponuje zrekonstruować dydaktykę Św. Tomasza z Akwinu w oparciu o treść traktatu o nauczycielach zawartego w *Questions Disputatae De Veritatae* i o analizę Pięciu Dróg z *Summy Teologicznej*. To co w dzisiejszych czasach staje się rewolucyjnym odkryciem pedagogicznym (tutoring, coaching) było skuteczną i sprawdzoną metodą już w średniowieczu. Św. Tomasz przede wszystkim poszukiwał skutecznej komunikacji z uczniem, opierając się na uprzednim poznaniu jego sposobu myślenia. Dla Akwinaty punktem wyjścia była znajomość natury człowieka, a szczególnie sposób działania jego władz umysłowych w procesie uczenia się (Wojcieszek 2011). Proponowane teorie zintegrowanego nauczania tematycznego podkreślają znaczenie „nauczania kompatybilnego z możliwościami mózgu”, jako sprawdzonego sposobu uczenia się, rozumianego z kolei jako kompleksowe podejście do nauczania, które wynika z wiedzy o mózgu.

Mimo ogromnego postępu w badaniach biofeedbacku mechanizmy jego działania nie są jeszcze dokładnie poznane. Wiadomo, że empirycznie obserwowane wyniki w postaci impulsów elektrycznych zwanych falami mózgowymi można mierzyć za pomocą specjalnego przyrządu zwanego elektroencefalografem (w skrócie EEG), który mierzy częstotliwość (ilość impulsów na sekundę) oraz amplitudę („wielkość” zmian napięcia). Odczytywane fale w EEG-biofeedback lub obraz utleniania krwi w HEG- biofeedback informują o emocjach i skłonnościach do określonych zachowań. Dzięki uzyskanemu w biofeedbacku samouczeniu, klasyczne metody mogą zmieniać cykliczne wzorce neu-

ronowe poprzez stworzone modele (protokoły) trenowania, prowadząc do poprawy parametrów fal mózgowych i zmian w zachowaniu.

Kongres Stanów Zjednoczonych ogłosił ostatnią dekadę XX wieku – dekadą mózgu. Chociaż obliczeniowe neuronauki kognitywne, które brzmią obiecująco, nie uwzględniają niektórych zjawisk bioelektrycznych, to warto też pochylić się nad neurofeedbackiem jako szansą lepszego poznania działania ludzkiego mózgu. Większość nauk wymienianych jako pomocnicze w kognitywistyce wywodzi się z filozoficznych dociekań o naturze umysłu (refleksja, wolna wola), o współdziałaniu ciała z umysłem. Biofeedback jako interfejs między mózgiem a komputerem działa na zasadzie sprzężenia zwrotnego i może być wykorzystany także do świadomego procesu uczenia się i zmian wzorców zachowań. Mózg można wyuczyć zachowania wpływającego na jego wzorzec fal mózgowych. Plastyczność mózgu pozwala na zmianę osobowości, zmianę postawy, różne zachowania i zainteresowania. Ugruntowane wyuczone zachowania kształtują osobowość i pozwalają zachować ją na dłuższy czas. Działanie serii sesji biofeedbacku daje długoterminowe zmiany efektu nawet do 10 lat (Thompson M., Thompson L.1998).

Zmiany w przebiegu zmian wartości fal mózgowych są rejestrowane i ukazywane w postaci poznawalnych sygnałów, wykresów, danych liczbowych, sygnałów wizualnych i akustycznych, które w szybkim czasie można zinterpretować i skorelować z aktualnym stanem emocjonalnym. Istnieje więc możliwość uczenia się poprzez generowanie odpowiednich zmian dokonujących się w mózgu, objętych kontrolą świadomości (Pecyna, 1979). Zwolennicy neuro i biofeedbacku widzą przyszłość tych metod w powszechnym ich stosowaniu, w celu ochrony zdrowia i rozwoju edukacji w oparciu o proces samoregulacji. „Samoregulacja jest metodą uczenia się, która rodzi długoterminowe, pozytywne zmiany” (Thompson M., Thompson L 2012).

Trening EEG-biofeedback ma na celu np. zmniejszenie elektroencefalograficznej czynności fal wolnych (theta) i zwiększenie czynności fal szybkich (beta). Taki trening jest konieczny, ale nie wystarczający, aby pacjent osiągnął pożądany stan umysłu (relaks, skupienie, czujność).

Ważne są jeszcze strategie metakognitywne, które są funkcjami wykonawczymi wychodzącymi poza normalne myślenie poznawcze. EEG-biofeedback jako interfejs mózg-komputer jest systemem pomiarowym składającym się z trzech nieodzownych elementów tj. rejestracja (akwizycja), przetwarzanie i analiza sygnału elektroencefalograficznego (EEG). Pomimo, że system interfejs mózg-komputer jest znany od dawna, to możliwość zastosowania go w praktyce pojawiła się stosunkowo niedawno (tamże).

### **1. Metapoznanie czyli jak myślimy o myśleniu**

Metapoznanie w najprostszy sposób można zdefiniować jako dział nauki o nauce. W latach 70-tych XX wieku wprowadzono termin metapoznanie. Są to lata, w których rozpoczęto badania nad neurofeedbackiem. Strategie metakognitywne (metapoznawcze) są takimi funkcjami wykonawczymi naszego mózgu, które wychodzą poza (z greckiego meta) zwyczajowe myślenie (poznanie) oraz pozwalają być świadomym procesów myślenia, takich jak uczenie się i zapamiętywanie. Metapoznanie można rozumieć jako myślenie o myśleniu lub naukę o uczeniu się, o umiejętnościach myślenia. Metapoznanie wiąże się z funkcjami wykonawczymi przedniego płata mózgu (planowanie i ocena), natomiast stopień świadomości, strategii i sposób ich przekazywania zależy od nauczyciela (Thompson M., Thompson L. 2012).

Każdy mózg wytwarza fale mózgowe o danej wartości pasm, które oznaczono jako: delta, theta, alfa, SMR, beta1, beta2 oraz okresowe pasmo gamma. U każdej osoby występuje charakterystyczny dla niej (mieszczący się w opracowanych normach) procentowy udział poszczególnych fal mózgowych, który warunkuje zachowanie. Wzorzec ten zmienia się w zależności od czasu czuwania, senności, zmęczenia, przeżywanych emocji, koncentracji lub jej braku i innych aktywności życiowych. Wzorzec fal zmienia się też wraz z zaburzeniami różnego pochodzenia. Procesy uczenia się kształtują się dzięki współdziałaniu skomplikowanej sieci neuronów i komórek glijowych zarówno

na poziomie genetycznym jak i epigenetycznym. Poznanie procesów neuroedukacyjnych wymaga wiedzy i obserwacji zmian zachodzących w mózgu na wielu poziomach: molekularnym, neuroanatomicznym i elektrofizjologicznym. Ze względu na charakter artykułu poruszone zostaną zagadnienia związane z poziomem elektrofizjologicznym, który informuje o zmianie połączeń i aktywności neuronów, które z kolei mają wpływ na procesy meta i kognitywne takie jak pamięć, intencje, emocje (Petlak, Zajacova 2010).

Na skuteczność uczenia się można wpływać poprzez wykorzystanie plastyczności mózgu<sup>2</sup> w połączeniu z wiedzą i możliwościami jakimi dysponuje mózg.

W tabeli nr. 1 przedstawiono zaproponowaną przez Duchą (Duch, 2013), hierarchię siedmiu poziomów czynników wpływających na procesy metakognitywne. Poprzez działanie w obrębie tych poziomów można wpływać na zwiększanie neuroplastyczności mózgu, a w konsekwencji na skuteczność procesu uczenia się. Informacja w przedstawionym modelu może przepływać w górę lub w dół.

**Tabela 1.** 7-poziomowa hierarchia czynników wpływających na procesy poznawcze. Opracowanie własne według Duchy (Duch: 2013).

Strategie i style uczenia się.	Style uczenia się
Typy pamięci, uwaga a planowanie	Procesy poznawcze
Percepcja, działanie	Zadania i reakcje
Mikroobwody, sieci, minikolumny	Sieci neuronalne
Liczne typy neuronów i komórek glijowych	Synapsy, aksony, dendryty, neurony
Neurotransmitery i metabolity	Szlaki metaboliczne
Geny, białka, budowa komórek	Genetyka, epigenetyka

<sup>2</sup> Plastyczność mózgu (neuroplastyczność) – „to własność układu nerwowego, dzięki której możliwa jest nie tylko odbudowa funkcji, ale i naprawa zaburzeń rozwojowych a przede wszystkim uczenie się i pamięć” (Kossut 2014).

## **2. Historia EEG i Biofeedbacku**

Do badań nad mózgiem przyczyniły się badania Adolfa Becka, który jako pierwszy opisał czynność elektryczną mózgu i choć jego praca nie przyczyniła się wprost do rozwoju nauki, pozwoliła spojrzeć na mózg jeszcze z innej perspektywy. Angielski fizyk Richard Caton (1842–1926) pierwszy zarejestrował bezpośrednio sygnały elektryczne z powierzchni oraz głębi mózgu zwierząt. W równoległym czasie podobne badania związane z rejestracją czynności bioelektrycznej kory mózgu psów i królików prowadził Napoleon Nikodem Cybulski (1854–1919) i Adolf Beck (1863–1942). W 1932 roku Niemiec Tonic, który współpracował z Bergiem zbudował pierwszy aparat EEG. W Polsce pierwszy aparat EEG pojawił się w 1950 roku. Jednym z bardziej znanych w dziedzinie neurofizjologii był Hans Berger – dr medycyny (1873–1941). W 1924 roku zarejestrował aktywność lewej półkuli u swojego 17-letniego syna, który był przygotowywany do operacji usunięcia guza mózgu. Dokonał aż 73 rejestracji czynności bioelektrycznej u ludzi, po czym w 1929 roku opublikował pierwsze prace dotyczące własnego syna. W 1929 roku stwierdził „że elektroencefalogram stanowi zjawisko ciągłego procesu nerwów, które ma miejsce w mózgu, dokładnie tak jak elektrokardiogram reprezentuje zjawisko skurczów serca” (Kubik 2009). W 1930 roku Berger zdefiniował fale alfa i beta, zaczął używać skrótu EEG dla określenia elektroencefalogramu, odnotował związek między falami beta a koncentracją uwagi i czasem reakcji. Berger twierdził, że EEG to materialny dowód obecności czynności psychicznych człowieka. Wykazał zmienny zapis EEG u pacjentów z chorobą Alzheimera i stwardnieniu rozsianym. Odkrył również spłaszczenie zapisu fal u chorych na padaczkę po napadzie drgawkowym. W 1934 roku wyniki prac Bergera (wykonywał także badania EEG u dzieci i niemowląt) zostały opublikowane w czasopiśmie *Brain* (Kubik 2009: 3).

Wkrótce po tym w Laboratorium Fizjologicznym w Cambridge wykazano wpływ fotostymulacji na czynność bioelektryczną mózgu, odkryto bardzo szybką czynność bioelektryczną mózdzku. Gray Walter

(1910-1977) zbudował własną ulepszoną wersję aparatu EEG. Opisał fale theta, delta oraz szybką czynność fal alfa. Doniósł o znaczeniu fal delta dla wykrywalności guzów mózgu. Był pionierem mappingu mózgu. W 1969 roku Joe Kamiya zaobserwował, że występuje sprzężenie zwrotne pomiędzy bodźcami odbieranymi przez pacjenta i generowaną przez jego mózg czynnością bioelektryczną. Dzięki badaniom Kamiya, metoda neuroterapii znalazła szerokie zastosowanie w leczeniu nie tylko skutków urazów, uzależnień i innych chorób, ale jako trening wydajności. Przełomowym momentem były badania Barry Stermana, który pracował nad czynnością bioelektryczną mózgow kotów. Wykrył on u kotów w czasie czuwania i we śnie rytm 14 Hz (sensomotoryczny) (Kubik 2009: 3).

Jego badania odbywały się w czasie, kiedy NASA w związku z występowaniem drgawek u astronautów na skutek styczności z paliwem raketowym, szukało rozwiązania, w związku z czym NASA zleciło Stermanowi przeprowadzenie badań nad wpływem paliwa raketowego na OUN<sup>3</sup> u kotów. Sterman do swoich badań wykorzystał również koty wytrenowane uprzednio w rytmie SMR<sup>4</sup>, z powodu małej ilości kotów i użył je jako materiał porównawczy. Koty te okazały się być odporniejsze na ekspozycję paliwa raketowego niż pozostałe koty. Wynik okazał się istotny statystycznie i przyjęto fakt, że trening SMR podniósł próg odporności drgawkowej kotów na działanie paliwa raketowego. Późniejsze badania Stermana potwierdziły, że trening SMR okolicy czuciowo-ruchowej wpływa stabilizująco również na inne okolice mózgu i poprawia stabilność kory mózgowej. Pionierami dalszego rozwoju EEG byli F. Duffy, E. Roy John i R. Thatcher, stworzyli bazy danych, które umożliwiły porównanie pojedynczych wzorów fal mózgowych do losowo wybranej normatywnej grupy kontrolnej. Dane QEEG<sup>5</sup> do baz

---

<sup>3</sup> OUN – ośrodkowy układ nerwowy

<sup>4</sup> „M. Barry Sterman prowadził badania czynności bioelektrycznej w czasie snu u kotów, u których wykrył obecność w czuwaniu i we śnie rytmu 14 Hz (rytm sensomotoryczny). W późniejszych badaniach u ludzi stwierdził, że trening SMR okolicy czuciowo-ruchowej wpływa stabilizująco również na inne okolice mózgu” (Kubik 2009). Rytm SMR został opisany w tej pracy.

<sup>5</sup> QEEG – Mapa mózgu, jest to ilościowe badanie EEG funkcjonowania mózgu w wa-



danych są zbierane z różnych obszarów głowy, dostarczają klinicznego obrazu aktywnej kory mózgowej i umożliwiają sporządzenie topografii mózgu (Thompson M., Thompson L. 2012).

W początkach lat 80-tych neurofeedback nie był powszechnie znany, ale za sprawą M. Ayers oraz S. i S. Othmer powstało centrum neurofeedbacku. S. i S. Othmerowie rozpowszechnili użycie grafiki komputerowej i efektów dźwiękowych do treningu stanów głębokich, zauważyli też zależność między treningiem neuro a psychoterapeutycznym. Przełomem w neurofeedbacku było zastosowanie terapii w praktyce klinicznej (Thompson M., Thompson L. 2012).

Neurofeedback rozwija się w dwóch kierunkach: pierwszy to dążenie do normalizacji wzorca fal w EEG, drugi skupia się na wykorzystaniu plastyczności umysłowej i wzroście osobistym. W tym miejscu można wspomnieć o badaniach prowadzonych przez Profesora Popielskiego w Instytucie Biofeedback i Noo-psychosomatyki<sup>6</sup> w Lublinie. Popielski jest kontynuatorem Logoterapii i Analizy egzystencjalnej V. E. Franka. W Instytucie stosuje się EEG- biofeedback jako narzędzie diagnostyczno-terapeutyczne, wykorzystywane do terapii umysł-ciało (Popielski, 2014).

### **3. Zasady działania biofeedbacku (BFB) i neurofeedbacku (NFB)**

Dzięki elektronicznie i obliczeniom matematycznym możliwe stało się śledzenie przekształceń wzorców EEG w obrazy na ekranie komputera i oddziaływanie poprzez kształtowanie zdolności samoregulacji<sup>7</sup>. To, że

runkach spoczynku, jak również podczas wykonywania różnego rodzaju zadań.

Analiza wyników obejmuje porównanie rezultatów z bazą danych normatywnych i odniesienie funkcjonowania mózgu pacjenta do norm wyznaczonych dla odpowiedniej grupy wiekowej (Instytut Psychoneuroterapii EEG 2014).

<sup>6</sup> Noo-somatyka jest poszerzeniem rozumienia i diagnozowania zaburzeń i problemów ograniczających się jedynie do przyczyn psycho-somatycznych. Noo-somatyka jest dziedziną uprawianą między innymi w Lublinie przez Profesora Popielskiego, którego teoria opiera się genezie problemów (zaniedbania, braki rozwojowe, problemy życiowe) związanych z „neotycznym wymiarem egzystencji ludzkiej”. Z tą sferą wiążą się działania człowieka ze sferą wartości, poczuciem sensu życia, godnością czy odpowiedzialnością (Popielski 2014).

<sup>7</sup> Thompsonowie twierdzą, że w samoregulacji chodzi o to, aby trenujący osiągnął

samoregulacja może stać się jedną z głównych części ochrony zdrowia XXI wieku przemawiają dwie racje: 1. Samoregulacja wspomagana biofeedbackiem i neurofeedbackiem jest skutecznym rozwiązaniem wielu zaburzeń i objawów, trudnych do wyeliminowania za pomocą tradycyjnych metod. 2. Ze względu na zmniejszenie kosztów i możliwości uzyskania pomocy w początkowej fazie problemów, treningi biofeedbacku i neurofeedbacku są zwykle łączone z innymi formami oddziaływań np. dieta, wypoczynek czy ćwiczenia fizyczne (Kubik 2009).

Stan obecnej wiedzy pozwala powiązać określony wzorzec EEG z towarzyszącym mu stanem świadomości. EEG-Biofeedback (neurofeedback) opiera się na założeniu, że aktywność elektryczna mózgu (EEG) jest odbiciem stanu psychicznego i że człowiek może aktywnie wpływać na ten stan za pomocą aparatury biofeedback wykorzystującej elementy zarówno wizualne jak i dźwiękowe. Aktywność mózgu można zobrazować na monitorze komputera praktycznie bez opóźnienia. EEG-biofeedback (neurofeedback) opiera się na dwóch podstawowych założeniach:

1. Aktywność elektryczna mózgu odzwierciedla stan psychiczny.
2. Aktywność możemy ćwiczyć, poddać działaniu.

---

elastyczność i odpowiedni dla zadania intelektualnego stan psychiczny, czyli nauczył się kontrolować stany psychiczne i fizjologiczne. Thompsonowie (Thompson M. i L. 2012: 330-331) wymieniają cztery kroki samoregulacji, są to: 1. Otwarta świadomość zewnętrzna (wysoka alfa – 11 do 13Hz i SMR – 13 do 15Hz) i nabywanie umiejętności osiągnięcia stanu wszechstronnej, zorientowanej zewnętrznie koncentracji w otoczeniu, bez skupiania uwagi na jednej konkretnej rzeczy, u piłkarzy świadomość każdej zmiany w otoczeniu. 2. Elastyczna zmiana umysłu polegająca na umiejętności przejścia z otwartej świadomości do skupienia uwagi, korzystająca z warunkowania instrumentalnego fal mózgowych. Przejście z wysokiej alfy i SMR (13-15Hz) w stan skupienia, w którym dominujące czynności fal wolnych ulegają zahamowaniu, zaś wzmocniona zostaje Beta (16-18Hz). 3. Krok trzeci to powiązanie pożądanego stanu umysłu z uczeniem się. Powiązanie chęć czynności z efektywnym dla tej czynności stanem umysłu za pomocą warunkowania klasycznego. 4. W czwartym kroku mamy do czynienia z uogólnieniem technik i przetransponowanie ich na sytuacje w domu, szkole lub pracy. Umiejętność wchodzenia w stan relaksu i jednocześnie czujnej elastyczności umysłowej, skupienia i koncentracji w różnych miejscach.

Mózg pokryty jest korą mózgową, która stanowi substancję szarą (ciała komórek). Pod substancją szarą znajduje się substancja biała tj. włókna nerwowe łączące różne okolice kory. Podstawową funkcją kory mózgowej jest przetwarzanie informacji na wysokim poziomie-uczenie się, świadomość, procesy myślowe. Kora mózgową generuje fale beta, szczególnie podczas wysiłku intelektualnego. Podzielona jest bruzdami i szczelinami w zależności od funkcjonalnej struktury na poszczególne okolice i płaty. W korze mózgowej zachodzą wszystkie funkcje najwyższej świadomości (Kubik 2009a).

„Ponieważ wzorce EEG odzwierciedlają zmiany w systemie wymiany informacji na linii wzgórze – zwoje podstawy mózgu – kora mózgową klient w rzeczywistości uczy się samoregulacji złożonego, dynamicznie zmieniającego się systemu nerwowego” (tamże). Elementy graficzne przebiegu zmian wartości fal mózgowych odzwierciedlają zjawiska bioelektryczne są rejestrowane i ukazywane w postaci poznawalnych sygnałów. Zjawiska elektryczne są zapisane za pomocą elementów graficznych, składających się na zapis EEG. Podstawowe dane zapisu to:

- częstotliwości,
- amplitudy,
- kształty zależne od czasu trwania zjawiska,
- kierunek odchylenia od linii izoelektrycznej.

Dane zapisu dotyczą fali, czynności i rytmu. Fala jako podstawowa składowa zapisu jest wynikiem przejściowej zmiany różnicy potencjałów. Jest ona określana przez biegunowość, amplitudę, czas trwania i morfologię (kształt). Na czynność składają się fale o określonym zakresie częstotliwości np. czynność alfa. Rytm natomiast jest czynnością fal o tym samym kształcie i określonym zakresie częstotliwości np. rytm alfa. Podstawą do opracowania norm zapisu EEG są: rozkład przestrzenny czynności, wartości częstotliwości, wartości amplitudy i morfologia fal. Należy pamiętać o uwarunkowaniach różnorodnymi czynnikami zewnętrznymi jak: wiek, stan aktywności (sen lub czuwanie) oraz parametrami technicznymi zapisu, umiejscowieniem elektrody referencyjnej czy samego montażu elektrod. Zapis EEG jest

uwarunkowany również genetycznie, homeostazą ustroju, ale również stężeniem ditlenku węgla i tlenu, stężeniem glukozy, pH, poziomem hormonów (Kubik 2009).

We wzrokowej ocenie EEG stosuje się:

1. Falę alfa, zakwalifikowaną jako rytmiczną aktywność kory mózgowej w paśmie 8-12 Hz, która została opisana przez Bergera w 1929 roku. Występowanie rytmu alfa przypisuje się stanowi relaksu z zamkniętymi oczami. Blokowanie rytmu alfa oznacza desynchronizację aktywności neuronów, która zachodzi pod wpływem koncentracji umysłowej lub stymulacji narządów zmysłu. Czynność alfa jest więc najlepiej wyrażona w czasie relaksacji, przy braku bodźców czuciowych, wzrokowych czy słuchowych, koreluje z bierną uwagą, lepszą pamięcią, myśleniem pozytywnym. Kontrolę rytmu alfa na zasadzie biofeedbacku (sprzężenia zwrotnego) opisał Kamiya w 1969 roku. (Kubik 2009, Szelenberger 2000)
2. Czynność beta (14-30 Hz) opisana została przez Bergera w 1930 roku, są to niskoamplitudowe oscylacje. W paśmie beta wyróżnia się wolne fale beta (rytm SMR) w zakresie 12-15 Hz, właściwe średnie pasmo beta 1 od 15-18 Hz i szybkie fale beta 2 o częstotliwości powyżej 19 Hz. Mało zsynchronizowana praca neuronów w tym paśmie charakteryzuje zwykłą codzienną aktywność kory mózgowej u człowieka, percepcję zmysłową i pracę umysłową. Specyficzna aktywność beta towarzyszy również stanom po zażyciu niektórych leków. Fale beta informują o zaangażowaniu kory mózgowej w aktywność poznawczą.
  - Rytm sensomotoryczny SMR (12-15 Hz) opisany przez Stermana pod koniec lat 60-tych XX wieku, jest najlepiej wyrażony w czuwaniu przy otwartych oczach, w stanie relaksacji z zewnętrzną uwagą, w stanach spokoju, obniżonego lęku. Blokowany jest ruchem, wyobrażeniem ruchu i napięciem uwagi. Nie blokowany bodźcami wzrokowymi.
  - Beta 1 (15-20 Hz) wzrasta w stanie skupienia uwagi, koncentracji, podczas rozwiązywania zadań, gdy mózg nastawiony jest na

świadomy odbiór bodźców zewnętrznych za pomocą wszystkich zmysłów.

- Beta 2 (20-30 i więcej), wzrost tej fali związany jest ze zwiększonym napięciem emocjonalnym w stanach stresu i niepokoju, np. fala o wartości 19-23 Hz pojawia się przy tremie i lęku a fala w zakresie od 24 do 36 Hz ujawnia negatywne myśli przy depresjach. Warto wspomnieć jeszcze w tym miejscu, że wysoki poziom beta związany jest z wysokim zużyciem energii, a więc znacznym obciążeniem bioenergetycznym i jest skorelowany z uwalnianiem hormonów stresu (Tamże).
- 3. Czynność delta (0,5-3,5 Hz) odkryta w 1936 roku przez Adraian i Mattwesa a nazwana przez Waltera falami delta, które są wysoko-amplitudową aktywnością o niskiej częstotliwości. Fale delta rejestruje się w pewnych stanach chorobowych, procesach zwyrodnieniowych, śmierci i mechanizmach obronnych. Podczas snu pojawiają się fale delta o amplitudzie przekraczającej 75 mikrowoltów, są to tzw. fale wolne (SWA – słów *wave activity*). Fale delta rejestruje się także podczas głębokiej medytacji (Tamże).
- 4. Aktywność theta (4-8 Hz) opisana przez Waltera i Doveya w 1944 roku. Czynność theta od thalamus (łączono ten rytm z zaburzeniami czynności wzgórza) występuje np. w okresie snu płytkiego-przypuszcza się, że w tym czasie następuje przyswajanie i utrwalenie uczonych treści. Fale te najczęściej odnotowywane są przy medytacji, transie, hipnozie, intensywnych marzeniach i emocjach. Odmienny rodzaj fal theta jest związany z aktywnością poznawczą, kojarzeniem – w szczególności uwagą, a także procesami pamięciowymi (tzw. rytm FM $\theta$  – frontal midline theta).
- 5. Fale gamma (34-100 Hz), są związane z integracyjną funkcją mózgu. Wzrost mocy i duże zsynchronizowane czynności bioelektrycznej mózgu występuje w stanach kreacji na najwyższym poziomie, w stanach tzw. „ośnienia”. Czynność gamma pojawia się przy aktywności ruchowej i funkcjach motorycznych, towarzyszy również procesom poznawczym (tamże).

Istnieje więc możliwość uczenia się poprzez generowanie odpowiednich zmian dokonujących się w mózgu, objętych kontrolą świadomości (Pecyna 1998). Biofeedback często stosuje się w celu poprawy funkcjonowania w codziennym życiu. Celem takiego treningu jest nauczenie się samoregulacji. „Samoregulacja jest metodą uczenia się, która rodzi długoterminowe, pozytywne zmiany” (Thompson M., Thompson L. 2012). Nauka samoregulacji odbywa się poprzez warunkowanie instrumentalne. Biofeedback wykorzystuje instrumentalne biologiczne sprzężenie zwrotne. Pacjent musi śledzić efekty. Ten typ uczenia opiera się na prawie efektu. Kiedy pożądane zachowanie zostaje nagradzane, zwiększa się szansa na powtórzenie tego zachowania w przyszłości. Edward Thorndike w 1911 roku opisał doświadczenie z kotami, które próbowały wydostać się z klatki w celu zdobycia pożywienia, które było na zewnątrz. Próba, która kończyła się sukcesem była częściej powtarzana. Oznacza to, że nagradzane sytuacje zdarzały się częściej niż te, które kończyły się niepowodzeniem. EEG-biofeedback jest metodą neuroterapii instrumentalnej, wykorzystującą biologiczne sprzężenie zwrotne, pozwalające, aby w trakcie ćwiczeń terapeutycznych zmieniał się wzorzec czynności bioelektrycznej, mającej wpływ na generowanie odpowiednich stanów świadomości. Stany świadomości wpływają na zachowanie. Jeżeli więc możemy wpływać na zmianę wzorca i stany świadomości, oznacza to, że mamy wpływ na wzorce zachowań i funkcje obwodowego układu nerwowego.

Podczas neurofeedbacku rejestrowane są informacje, które są wyświetlane na ekranie. Są to informacje zwrotne. Gdy osoba trenująca zmienia swój stan psychiczny, zmienia się też amplituda fal o różnych częstotliwościach. Wtedy aktywność trenującego może zmienić swój wzorzec fal mózgowych osiągając wybrany cel. W ten sposób trenujący uczy się samoregulacji. Sterman nazywa ten proces wyuczoną normalizacją wzorców EEG (Tamże). Zastosowanie systemu EEG-biofeedback pozwala na regularny pomiar wartości fal mózgowych, otrzymywanie informacji zwrotnej o przebiegu danego procesu fizjologicznego, z początku nieświadomego, stopniowo jednak dzięki ćwiczeniom (za

pomocą interfejsu między mózgiem a komputerem) opartym na mechanizmie warunkowania instrumentalnego<sup>8</sup> można uczyć się opanowywać wybrane funkcje mózgu (odpowiedni trening), które do tej pory uważane były, że są poza kontrolą naszej świadomości. System biofeedback jako narzędzie stymulacji i modelowania umożliwia weryfikowanie teorii nie tylko psychologicznych, ale także pedagogicznych oraz wskazuje na nowe kierunki praktycznego rozumienia człowieka (Thompson M., Thompson L. 2012).

Warto uzmysłowić w tym miejscu, że istnieje wiele rodzajów biofeedbacku (biofeedback-EEG, biofeedback-EMG (elektromiograf), biofeedback-GSR (Galvenic Skin Response), biofeedback - oddechowy, temperaturowy, biofeedback-HEG (HemoEncefaloGraf) i wiele innych odmian w zależności od tego, jaki parametr fizjologiczny chcemy monitorować i kształtować, ale szczególnie warto wspomnieć o stosunkowo jeszcze mało powszechnym HEG-biofeedbacku, za pomocą którego mierzy się temperaturę głowy lub bada przepływ krwi z wykorzystaniem tzw. bliskiej podczerwieni (nIR) przez dane obszary mózgu. W efekcie takiego pomiaru uzyskuje się obraz aktywności mózgu na podstawie obrazu utleniania krwi mózgowej. Za pomocą rezonansu magnetycznego (fMRI) potwierdzono, że stopień ukrwienia danych obszarów kory mózgowej są odzwierciedleniem aktywności w wybranych miejscach.

Podobnie jak w EEG-Biofeedback zmienia się wzorzec fal mózgowych, tak w HEG – Biofeedback zmienia się cyrkulacja krwi i stopień jej utleniania w trenowanych okolicach kory mózgowej (Raudzis 2009).

## **5. Strategie metakognitywne wykorzystywane w procesie edukacji**

Strategie metakognitywne są funkcjami wykonawczymi mózgu, pozwalającymi na świadome poznanie procesów takich jak myślenie czy

---

<sup>8</sup> Mechanizm warunkowania instrumentalnego – opiera się na prawie efektu. Kiedy pożądanе zachowanie zostaje nagradzane zwiększa się szansa na powtórzenie tego zachowania w przyszłości.

zapamiętywanie. Trening związany jest z uczeniem się i skupia się na strategiach słuchania, czytania, organizowania, zapamiętywania. Biofeedback to pomiar wartości określających funkcjonowanie autonomicznego (współczulnego i przywspółczulnego) układu nerwowego, z wykorzystaniem specjalistycznego oprzyrządowania do odzwierciedlenia procesów psychofizycznych, z których osoba nie zdaje sobie sprawy. Biofeedback oznacza dostarczenie osobie badanej informacji zwrotnej o procesach zachodzących w organizmie. Biofeedback nie jest tylko biernym pomiarem, ale zakłada aktywne zaangażowanie zainteresowanej osoby w kontrolowanie własnych procesów fizjologicznych (Thompson M., Thompson L. 2012).

Neurofeedback pozwala na podjęcie aktywności w poszczególnych strategiach metapoznawczych. Mogą to być takie strategie jak: słuchanie, czytanie, zapamiętywanie.

Strategie metakognitywne sprowadzają się do trzech kroków – pytań:

- Jakie jest moje zadanie? – planowanie nauki, podejmowanie ćwiczeń
- Jak najlepiej je wykonać?
- Jak mi to poszło? – samoocena

W edukacji często mamy do czynienia z brakiem nauczania zdolności do osiągnięcia stanu umysłu, w którym strategie metakognitywne są aktywne i wykorzystywane przez określony czas. Za strategie uczenia się uznaje się czynności, plany, zwyczaje, mające na celu uczenie się, systematyzowanie wiedzy, przechowywanie jej oraz przywoływanie wtedy, kiedy jest potrzebna. Wykorzystanie przyswojonej wiedzy w odpowiednim momencie może się odbywać świadomie bądź podświadomie. Strategie uczenia się możemy podzielić na kognitywne i metakognitywne. W tej pracy poruszana jest tematyka związana ze strategiami metakognitywnymi, ale dla porządku warto przypomnieć sobie strategie kognitywne i ich znaczenie.

Do strategii kognitywnych zalicza się wykonywanie pewnych działań, które pomagają w procesie uczenia się i każdy z nas stosuje je podczas procesu uczenia się. Może to być np.:



- pisanie nowych słówek po 20 razy;
- głośne powtarzanie nowych słówek, zwrotów;
- pisanie notatek w języku, który chce się opanować;
- zapisywanie słówek w jednym miejscu;
- zaznaczanie ważniejszych zdań do zapamiętania.

Strategie metakognitywne traktujemy jako myślenie o nauce i zaliczamy do nich takie funkcje wykonawcze jak planowanie i ocena. Można wymienić tu następujące strategie:

- planowanie nauki;
- samoocena;
- organizowanie czasu pracy;
- stawianie sobie krótkoterminowych celów;
- monitorowanie postępów;
- organizowanie nauki;
- ocenianie swojej aktywności;
- podejmowanie ćwiczeń.

Najczęściej pożądane są strategie wspomagające słuchanie, czytanie, wykonywanie obliczeń matematycznych oraz organizację prac pisemnych (tamże).

## **6. Teoria uczenia się a neurofeedback. Łączenie treningu neurofeedbacku ze strategiami metakognitywnymi**

Połączenie treningu neurofeedback ze strategiami metakognitywnymi polega na tym, że w trakcie sesji neurofeedbacku korzysta się z metod uczenia się. Aktywność polega na regulacji czynności fal mózgowych przez odpowiednie zadania. Thompsonowie wymieniają dwa paradygmaty uczenia się tj. warunkowanie instrumentalne (sprawcze), o którym była już mowa i warunkowanie klasyczne (opisane przez Pawłowa). Oba te warunkowania zostały zastosowane w treningach (NFB) neurofeedback. W warunkowaniu klasycznym występuje innego rodzaju uczenie się, nie opiera się na prawie efektu jak w warunkowaniu instrumentalnym (sprawczym), natomiast w prawdziwym

warunkowaniu klasycznym<sup>9</sup> reakcja opiera się o już istniejącą reakcję odruchową (tamże).

Podczas treningu EEG-biofeedback zachodzi warunkowanie instrumentalne. Trenujący jest nagradzany za uzyskany stan psychiczny<sup>10</sup> dźwiękiem, obrazem lub punktacją. Uzyskany stan psychiczny jest odpowiednikiem wyznaczonych wartości fal mózgowych. Wyniki te potwierdzają, że ludzki mózg uczy się wydajniej, gdy otrzymuje informację o sukcesie. Po serii treningów (np. około 40-godzinnych sesji w przypadku ADD) niemal automatycznie zostaje osiągnięty pożądany stan. Dalsze postępowanie polega na przeniesieniu nabytych umiejętności na inne sytuacje np. na odrabianie lekcji. Aby to osiągnąć, trzeba skojarzyć pożądany stan psychiczny w wykonywaniu jakiegoś intelektualnego zadania. W tym miejscu jest czas na włączenie warunkowania klasycznego, które zachodzi wtedy, gdy w neurofeedbacku (NFB) pożądany stan np. koncentracja uwagi jest kojarzony z rozwiązaniem jakiegoś zadania intelektualnego. Taki wynik pojawia się, gdy osoba korzystająca z wzorca warunkowania instrumentalnego przechodzi w oczekiwany stan skoncentrowania, któremu odpowiada obniżona aktywność wolnych fal mózgowych oraz podwyższona aktywność fal

---

<sup>9</sup> Warunkowanie klasyczne było opisane przez Pawłowa jako odruch warunkowy (wyuczony). Podczas obserwacji u psa wydzielala się ślina na widok jedzenia. Kojarzył on dźwięk dzwonka z podawanym jedzeniem, co powodowało, że ślina wydzielala się po usłyszeniu dzwonka. Jedzenie było bodźcem bezwarunkowym powodującym bezwarunkowe wydzielanie śliny. Kiedy bodziec warunkowy (dźwięk dzwonka) został skojarzony z jedzeniem (bodźcem bezwarunkowym) wywoływało to niemal identyczną reakcję warunkową, która skutkowała wydzieleniem śliny. Jednak prawdziwe warunkowanie klasyczne ma miejsce wtedy, kiedy już występuje jakaś reakcja odruchowa. Warunkowanie klasyczne jest ograniczone do reakcji autonomicznego układu nerwowego i nie można go stosować do całkiem nowych zachowań. Motywacja jest w takiej sytuacji nieistotna. Za przykład można podać dziecko, które ekscytuje się powrotem taty, ponieważ po powrocie oczekuje zabawy z nim. W tym przypadku już dźwięk otwieranych drzwi będzie wywoływał radość. W tym przykładzie warunkowania klasycznego powrót ojca jest bodźcem bezwarunkowym, wywołującym ekscytację (Thompsonowie 2012: 46-47).

<sup>10</sup> Za stan psychiczny rozumie się element procesu psychicznego, na który składają się stan emocjonalny (afekt, nastrój), procesy poznawcze, tożsamość, percepcja.

szybkich, po czym następuje skojarzenie występującego stanu psychicznego z wykonywaniem zadania intelektualnego. O utrzymanym stanie psychicznym informuje komunikat z monitora (tamże).

Aby w procesie uczenia się zwiększyć prawdopodobieństwo wykonywania zadania intelektualnego w stanie skupienia uwagi, musi być skojarzony ten stan uwagi z nauką metakognitywnych strategii podczas treningu neurofeedbacku (NFB). Poza omówionymi wzorcami uczenia się w EEG-biofeedback można jeszcze wymienić stosowaną metodę kształtowania reakcji (shaping), które warunkowane są metodą kolejnych przybliżeń, reakcja kształtuje się podczas nagradzania niewielkich zmian na poziomie mikrowoltów danego zakresu częstotliwości. Podczas treningów może wystąpić tzw. asocjacyjne (mimowolne) uczenie się, które występuje, gdy pewne zachowania zostaną przypadkowo skojarzone ze wzmocnieniem np. aktywności mięśniowej, dlatego ważne jest wyeliminowanie artefaktów<sup>11</sup> i ograniczenie do minimum kojarzenia z bodźcami, które występują tylko podczas treningu a w życiu codziennym nie występują. W procesie uczenia się występują jeszcze inne paradygmaty np. paradygmat wzmocnienia wtórnego (np. typ pochwały, drobna nagana) używany do dalszego wzmocnienia pożądanego stanu umysłu, paradygmat generalizacji, który polega na tym, że wyuczone umiejętności mogą być wykorzystane w innym miejscu i czasie, podczas innych zadań i wśród innych ludzi oraz paradygmat wygaszania, który ma miejsce wtedy, kiedy bodziec warunkowy przestaje być kojarzony z bezwarunkowym. Celem treningu jest osiągnięcie takiego poziomu, aby nie następowało wygaszanie pożądanego stanu psychicznego (tamże).

Ponowne warunkowanie występuje znacznie szybciej niż pierwotnie, dlatego w niektórych przypadkach zalecane są tzw. treningi przypominające. Thompsonowie twierdzą, „że sama teoria uczenia się nie wyjaśnia dlaczego wyniki stosowania treningu neurofeedbacku wydają się być trwałe. Większość osób pracujących w tej dziedzinie wysuwa

---

<sup>11</sup> Artefakty w EEG są to zakłócenia czyli wszystkie anomalie w zapisie EEG, w odniesieniu do rzeczywistego przebiegu fal mózgowych.

hipotezę, że czynnikiem sprawczym są również zmiany strukturalne zachodzące w mózgu. Mogą to być zmiany w produkcji neuroprzekazników lub w sposobie działania na synapsy” (Thompson M., Thompson L. 2012). Strategie metakognitywne są częścią integralnego treningu EEG-biofeedback. Na integralny trening składa się trening samoregulacji (regulacja neuronalne EEG-biofeedback oraz regulacja autonomicznego układu nerwowego, do której wykorzystywane są takie modalności biofeedbacku jak tempo oddychania, przewodzenie skórne czy pomiar temperatury) z bezpośrednim przeszkoleniem w zakresie strategii metakognitywnych. Trening neurofeedback opiera się na potwierdzonych i udokumentowanych obserwacjach, „że wzorce fal mózgowych powiązane są z określonymi stanami umysłu oraz określonym zachowaniem. Trening ten uczy klienta samoregulowania czynności fal mózgowych” (Thompson M., Thompson L. 2012).

Neurofeedback jako trening zmniejszający elektroencefalograficzną czynność fal wolnych (theta) i zwiększający czynność fal szybkich (beta1, SMR) w celu osiągnięcia korzystnych zmian behawiorystycznych nie jest wystarczający. Pożądanym efektem całościowego treningu jest uzyskanie stanu skupienia, czujności i relaksacji za żądanie, wtedy, kiedy zaistnieje potrzeba koncentracji i zaangażowania np. w rozwiązanie ważnego problemu. Istotne jest także, aby klient po treningu posiadał umiejętność korzystania ze strategii metakognitywnych, które przyczyniają się do zwiększenia umiejętności słuchania, uczenia się, organizowania i zapamiętywania materiału w celu sprawnego i efektywnego wykonania zadań.

### **Podsumowanie**

Pracy nad skutecznymi modelami przyswajania wiedzy towarzyszy pragnienie udoskonalanie procesu wychowawczo-dydaktycznego. Mózg stanowił i stanowi wielką tajemnicę, ale istnieje wśród naukowców coraz większe przekonanie o potrzebie przekroczenia granicy jaką stanowi. W miarę jak rozwija się mózg, na skutek nowych bodźców

z otaczającego świata, potrzebne są nowe sposoby spojrzenia na możliwości wykorzystania ogromnej plastyczności mózgu do wszystkiego o czy myślimy i co robimy. Interdyscyplinarne podejście do kształcenia i wychowania opartego na poznaniu mózgu zgodnego z jego funkcjami, opiera się na sposobie myślenia, które oznaczono jako „nauczanie oparte na mózgu” jest ono traktowane jako podejście do uczenia się, przedstawione przez Petlak i Zajacovą jako E. S. P., które jest też sposobem myślenia zarówno o kształceniu jak i kształconych i kształcących. ESP – od E – *Engagement* (zaangażowany), S – *Strategies* (strategie) P – *Principles* (prawa wynikające z wiedzy neurologicznej). Ostatnie badania potwierdzają, że człowiek uczy się całą swoją istotą, to znaczy wszystkimi zmysłami, dyspozycjami, potencjałem i zainteresowaniami” (Petlak, Zajacova 2010: 92).

1. Mózg jest słabo przystosowany do formalnych instrukcji.
2. W rzeczywistości nie jest tak zaprojektowany, żeby był efektywny i kierował się poleceniami.
3. Najlepiej rozwija się za pośrednictwem wyboru i przeżywania. Mózg jest bardzo elastyczny i otwarty na reakcje i na bodźce zewnętrzne (Petlak, Zajacova 2010).

„Aby dokonać syntezy całościowego (systemowego) działania mózgu i umysłu należałoby sporządzić model, który najbliżej odzwierciedlałby rzeczywistość. Umysł jako jedyny i niepowtarzalny dla danej osoby różni się od drugiego umysłu, stąd wyjątkowość i trudność w skonstruowaniu idealnego wzorca. Nawet wyjaśnienie świadomości, uczuć i reakcji drugiego człowieka pozostawi tajemnicę w stosunku do drugiego. „Rzeczywistość „tu i teraz” związana z umysłem, wprawdzie mierzalna, możliwa do poznania, ale nie odzwierciedli w pełni rzeczywistości” (Duch 2009). W oparciu o teorie uczenia się z wykorzystaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego (neurofeedback) funkcje układu autonomicznego i centralnego układu nerwowego ludzi mogą być wytrenowane w celu lepszego funkcjonowania adaptacyjnego. Dzięki procesowi samouczenia (samoregulacji), klasyczne metody normalizacji

mogą zmienić cykliczne wzorce neuronowe poprzez stworzone modele (protokoły) trenowania, prowadzące do poprawy parametrów fal mózgowych, czego rezultatem są zmiany w zachowaniu.

Wyzwaniem nauk o uczeniu i uczeniu się jest ciągle poszukiwanie optymalnych warunków rozwoju z uwzględnieniem wielu czynników, które mają wpływ na całokształt rozwoju człowieka, spośród wielu można wymienić: efekty genetyczne, styl życia, oddziaływanie zmian środowiskowych, doświadczenia życiowe, komunikacja interpersonalna i społeczna oraz wpływ procesu formalnej edukacji, inteligencji i cech charakteru.

Warto więc pamiętać, że sama wiedza na temat anatomii i fizjologii mózgu, bez indywidualnej historii człowieka, tła historycznego, kulturowego i językowego, które sięgają poza biologiczny wymiar człowieka, nie wyjaśniają w pełni ludzkich zachowań.

Uzasadnionym więc jest fakt, że osoby zajmujące się treningiem neurofeedback swoją uwagę skupiają również na poprawnym funkcjonowaniu pacjenta w poszczególnych dziedzinach jego życia, w celu nauczania samoregulacji. Często najbardziej pożądanymi elementami treningu są poprawa koncentracji uwagi, zmniejszenie napięcia i lęku. Celem strategii metakognitywnych w połączeniu z treningiem bio i neurofeedback nie jest opanowanie konkretnej wiedzy. Wartość oczekiwanego efektu tkwi w uczeniu umiejętności osiągnięcia stanu wysokiej koncentracji oraz w przekonaniu o zdolności do znalezienia dobrego rozwiązania danego problemu.

Warto przypomnieć w tym miejscu o tym, że ludzki mózg jest niezwykle plastyczny i rozwija te struktury, które są intensywnie wykorzystywane, dlatego postawa kreatywna wymaga innych połączeń w mózgu niż postawa biernych odbiorców. Zmiana i sprzyjanie powstawaniu nowych połączeń wymusza więc zupełnie różne zadania i aktywności, które mają odzwierciedlenie w strukturze sieci neuronalnej.

## **Bibliografia**

### **Literatura:**

- Kubik A., 2009a, *EEG-biofeedback jako metoda wspomagająca leczenie ADHD i innych zaburzeń – Materiały szkoleniowe.*
- Kubik A., 2009b, *Teoria i praktyka terapii EEG-biofeedback – materiały szkoleniowe.*
- Kubik A., 2009c, *EEG BIOFEEDBACK- materiały szkoleniowe, cz.I.*
- Leszczyńska A., 2010, *Biofeedback-lek na wszystko?, Nasza przyszłość w naszych mózгах*, w: *Poznańskie Forum Kognitywistyczne*, vol. 4, s. 222-232.
- Pecyna M.B., 1998, *System Biofeedback w praktyce pedagogicznej*, wyd. Żak, Warszawa.
- Petlak E., Zajacova J., 2010, *Rola mózgu w uczeniu się*, wyd. Petrus, Kraków.
- Raudzis D., 2009, *Biofeedback*, Politechnika Opolska, Opole.
- Smith F., 1998, *The book of learning and forgetting*, Teachers College, Columbia University, New York, London.
- Spitzer M., 2007, *Jak uczy się mózg*, PWN, Warszawa.
- Szelenberger W., 2000, *Potencjały wywołane*, Wydawnictwo Elmiko, Warszawa.
- Taraszkiewicz M., 2005, *Neuropedagogika stanie się podstawą edukacji w XXI wieku*, *Gazeta szkolna*, vol. 10.
- Thompson M., Thompson L., 1998, *Neurofeedback combined with training in metacognitive strategies*, in: *Effectiveness in students with ADD. Applied Psychophysiology and Biofeedback*, vol. 23 (4), s. 243-263.
- Thompson M., Thompson L., 2012, *Neurofeedback – Wprowadzenie do podstawowych koncepcji psychofizjologii stosowanej*, Wydawnictwo Biomed Neurotechnologie, Warszawa.
- Wojcieszek K., 2011, *Dydaktyka filozofii w wiekach średnich. Model Św. Tomasza z Akwinu*, referat w ramach IX Polskiego Zjazdu Filozoficznego w Wiśle dn. 18.09.2014.

**Witryny internetowe:**

- (Web-01) Duch, 2009, w., *Reprezentacja umysłów jako aproksymacji stanów mózgu*, <http://www.fizyka.umk.pl/publications/kmk/10-Reprezentacje.pdf>; dostęp: 14.02.2014.
- (Web-02) Duch, 2013, w., *Mózg i edukacja. W stronę fenomiki neurokognitywnej*, <http://www.fizyka.umk.pl/publications/kmk/13-Mozgi%20i%20Edukacja.pdf>; dostęp: 18.06.14.
- (Web-03) Popielski w., *Noo-somatyka*, <http://ibnps.eu>; dostęp: 18.06.2014.
- (Web-04) Kossut, 2014., *Plastyczność mózgu. Neuropedia- Encyklopedia Neuronauki*, <http://neuropedia.org.pl/?p=313>; dostęp: 18.06.2014.
- (Web-05) <http://ego-med.pl/uslugi/qeeg-mapa-mozgu/>, dostęp: 12.06.2014.
- (Web-06) Yeung, Bogacz, Holroyd i Cohen, 2004, *Detection of synchronized oscillations in the electroencephalogram: An evaluation of methods. Psychophysiology*, 41:822 - 832. [http://brain.fuw.edu.pl/edu/EEG:Metody\\_analizy\\_sygnalow\\_EEG\\_-\\_analiza\\_w\\_dziedzinie\\_czasu#Wariancja\\_w\\_przypadku\\_szumu\\_skorelowanego](http://brain.fuw.edu.pl/edu/EEG:Metody_analizy_sygnalow_EEG_-_analiza_w_dziedzinie_czasu#Wariancja_w_przypadku_szumu_skorelowanego), dostęp: 12.07.2014.