



STANISŁAW JUSZCZYK

Neuronauki w edukacji Nowe możliwości w procesie nauczania-uczenia się

Neurosciences in education

New possibilities in the teaching-learning process

Abstract: In the paper a theoretical concept of the neurosciences and particularly, neurodidactics, based on the cognitivism and involving the recent results of the human brain studies and connected with them a theory of thinking processes, have been presented. What was taken into account was a type of intelligence represented by a learner, an emotional intelligence creating in a didactic process the right psycho-emotional states, modality, and the shaped styles of learning. Practical implementation of the neurodidactics concept at all the levels of teaching in learning society can be an effective means against a weakness of the Polish school, reflecting in the results of the PIRLS and PISA tests, diagnosing the functional skills of the students.

Key words: neurosciences, cognitivism, neurodidactics, emotional intelligence, sensory preferences of learners, styles of learning.

Wprowadzenie

Od początku lat dziewięćdziesiątych trwa dyskusja dotycząca modernizacji współczesnej dydaktyki. Ścierają się poglądy zwolenników pedagogiki i dydaktyki klasycznej, nauk opartych głównie na filozofii i współpracujących z psychologią rozwojową, biologią czy socjologią wychowania, oraz zwolenników neurodydaktyki, chcących wykorzystywać w procesie nauczania-uczenia się najnowsze wyniki transdyscyplinarnych badań kognitywistycznych dotyczących przetwarzania informacji przez mózg człowieka, w tym wyniki badań neurobiologów, neuropsychologów, psychiatrów prowadzących badania kliniczne, logików, matematyków, fizyków, cybernetyków i informatyków, zajmujących się sieciami neuronowymi i sztuczną inteligencją, oraz pedagogów, socjologów, lingwistów, filozofów i antropologów kultury.

Prawdopodobnie znajdujemy się na początku procesu ścierania się zwolenników dwóch paradygmatów: pedagogiki, a w niej dydaktyki klasycznej opartej na filozofii rozwoju człowieka, oraz neurodydaktyki, opartej na kognitywistyce (zob. Duch, 1998, s. 9—48)¹, obejmującej najnowsze wyniki badań nad mózgiem człowieka i przebiegiem procesów myślowych, uwzględniającej prezentowany przez uczącego się typ inteligencji oraz inteligencję emocjonalną, tworzącą w procesie dydaktycznym właściwe stany psychoemocjonalne oraz wypracowane przez nie style uczenia się i preferencje sensoryczne uczących się. W pracy przedstawiono podstawy teoretyczne neuronauk, neurodydaktykę, czyli dydaktykę kognitywistyczną, oraz zagadnienia modalności w edukacji i stylów uczenia się.

Podstawy teoretyczne neuronauk

Prowadzone analizy teoretyczne oraz ich egzemplifikacje praktyczne dotyczące funkcjonowania mózgu — percypowania przez jednostkę informacji dochodzących z zewnątrz, przekształcania ich w informacje o charakterze elektryczno-chemicznym, przetwarzane następnie przez mózg, aby w rezultacie skonstruowane zostało znaczenie zjawiska, zdarzenia

¹ Kognitywistyka jest nauką zmierzającą do zrozumienia natury ludzkiego i zwierzęcego umysłu w toku integracji wyników badań różnych nauk, z których najstarszą jest filozofia umysłu, najmłodszą zaś komputerowe modele umysłu tworzone w ramach sztucznej inteligencji i „inteligencji obliczeniowej”.

czy rzeczy analizowanej przez człowieka — stanowiły domenę badaczy z różnych dziedzin nauk oraz funkcjonujących w nich dyscyplin naukowych. Prekursorami takich analiz byli psychiatrzy, biolodzy, neurobiolodzy i psycholodzy. Opracowanie podstaw teoretycznych i wdrożenie do badań organizmu człowieka elektroencefalografii, magnetoencefalografii, pozytronowej emisyjnej tomografii, a także równolegle magnetycznego rezonansu jądrowego o częstościach zmian pola magnetycznego pozwalającego na badania białek, zdecydowanie rozwinęły studia nad mózgiem człowieka w trakcie jego zróżnicowanych aktywności (w początkowym okresie prowadzono eksploracje dotyczące mózgu zwierząt). Stopniowo modernizowane techniki badawcze, stosujące coraz bardziej precyzyjne narzędzia, pozwalają na diagnozę subtelnych procesów myślowych, poszerzając tym samym wiedzę o naszym mózgu. Jednak coraz większa liczba informacji empirycznych o funkcjonowaniu mózgu odsłania kolejne obszary jeszcze niezdiagnozowane, a zatem im więcej wiemy o naszym mózgu, tym większy obszar niewiedzy o jego funkcjonowaniu sobie uświadamiamy. Dynamika studiów naukowych podejmowanych przez transdyscyplinarne zespoły badawcze spowodowała, że w USA zaczęły powstawać nowe czasopisma naukowe, które na swych łamach publikują najnowsze wyniki badań z omawianego zakresu; należą do nich następujące czasopisma: „Biological Psychiatry”, „Journal of Social Neuroscience”, „Journal of Nutritional Neuroscience”, czy też czasopismo wskazujące na możliwość wykorzystania wyników badań nad mózgiem we współczesnej edukacji „Mind, Brain and Education” (Jensen, 2008a, s. 3—4). Tak duża dynamika badań prowadzonych w USA w tej dziedzinie znacząco wpłynęła na podjęcie podobnych badań w Europie i na Dalekim Wschodzie, m.in. w Japonii, Chinach i Korei Południowej.

Badania prezentowane w „Mind, Brain and Education” zaowocowały multidyscyplinarną współpracą między kognitywnymi neuronaukami (zajmującymi się mózgiem i jego funkcjonowaniem) a psychologią rozwojową (zajmującą się umysłem i zachowaniami), stając się przyczyną integrowania edukacji (kształcenie i uczenie się indywidualne) poprzez psychologię kształcenia z edukacyjnymi neuronaukami i neuropsychologią, prowadząc do neuroedukacji, której przedmiotem analiz jest umysł, mózg i edukacja (zob. T. Tokuhama-Espinosa, 2010).

Neuronauka bardziej identyfikuje przedmiot badań niż wykształcenie kierunkowe badacza. Neuronaukowcem może być biolog, anatom, neurolog, chemik, psycholog lub psychiatra, a także informatyk lub filozof (zob. Garrett, 2009, s. 3). Krótko mówiąc, neuronauka zajmuje się wielodyscyplinarną analizą systemu nerwowego i jego rolą w zachowaniu. Zdaniem Billa Garretta (2009, s. 3), psycholog, który prowadzi badania w zakresie neuronauki, specjalizuje się w biologicznej psychologii,

czyli biopsychologii (psychobiologii lub psychologii fizjologicznej), a więc gałęzi psychologii zajmującej się relacją między zachowaniem a ciałem, a szczególnie mózgiem.

Neuroedukacja, czyli nauka o umyśle, mózgu i edukacji, jest transdyscyplinarna oraz międzykulturowa. Dyscyplina ta konceptualizowała się w świecie prawie w tym samym czasie — w latach 2002—2009 — w różnych krajach, takich jak: Japonia, USA, Kanada, Australia, Niemcy, Holandia, Anglia, Włochy czy Francja. Zintensyfikowanie współpracy międzynarodowej spowodowało upowszechnienie standardów tej dyscypliny, opartych na akceptacji międzykulturowej wybranych norm i świata wartości.

Podobnie jak w innych procesach ewolucyjnych, zintegrowane badania nad umysłem, mózgiem i edukacją uwzględniają dominujące geny rodziców, które przyczyniają się do stworzenia lepiej adaptującej się w edukacji jednostki, co pozwala na konstruowanie efektywnego modelu nauczania oraz uświadomienie sobie przez jednostkę, jak powinna się uczyć. Dla najmłodszych uczniów postuluje się realizację nauki czytania przez ćwiczenia pisowni liter i słuchanie ich wymowy, a następnie stosowanie powtórzeń dobrze uczniom znanych liter. Według M. Wolfa i jego współpracowników (Wolf, Barzillai, Norton, 2008), stanowi to połączenie metody syntetycznej i analitycznej. Osiągnięcia neuroedukacji przyczyniają się do opracowywania nowych i innowacyjnych sposobów rozwiązywania odwiecznych problemów edukacyjnych i oferują skuteczne rozwiązywanie problemów występujących w przeciętnej klasie. Ta nowa koncepcja bierze pod uwagę różne zdarzenia, filozofie, a w szczególności zróżnicowane epistemologiczne podejścia, które charakteryzują powszechne w neuronaukach, psychologii i edukacji problemy (zob. Sprenger, 2002, 2005).

Przebieg procesów myślowych

Wyniki badań Rogera Sperry'ego oraz Roberta Ornsteina nad funkcjonowaniem mózgu, za które otrzymali Nagrodę Nobla, rozwijane intensywnie przez przedstawicieli różnych dyscyplin naukowych, dowiodły, że obie półkule mózgowe, odpowiadając za przeciwne strony ciała, współpracują ze sobą harmonijnie i wzajemnie się uzupełniają (zob. Juszczyk, 2002b, s. 155—164). Prawa półkula odpowiada za wyobraźnię, holistyczność (odbiera jednocześnie wiele informacji i sprzyja myśleniu kompleksowemu), przestrzenność, metaforyczność, emocjonalność, uduchowienie, muzykalność, uzdolnienia plastyczne, seks i sny. Lewa półkula, określa-

na jako logiczna, zajmuje się mową, analizą i logiką; ma również charakter sekwencyjny, matematyczny i dosłowny. Jednostki wykorzystujące w sposób dominujący jedną z półkul mają problemy z działaniami kontrolowanymi przez drugą półkulę. Brak równomiernego i systematycznego korzystania z możliwości każdej z półkul, np. poprzez kształtowanie konkretnych (wąskich) umiejętności, powoduje asymetrię wykorzystania mózgu i zaniechanie pracy jednostki nad wszechstronnym rozwojem. Klasyczna szkoła sprzyja wykorzystaniu głównie lewej półkuli mózgu. Natomiast dzieci „gestaltowe”, o prawopółkulowej dominacji, nie potrafią sprostać typowej metodyce uczenia się czytania i pisanie, przez co doświadczają niepowodzeń już w początkowych latach edukacji szkolnej (Taraszkiewicz, 2008; Springer, Deutsch, 2004). W procesie nauczania nauczyciele nie uwzględniają nietypowego rozwoju pewnych obszarów mózgu u uczących się, często wykazujących wybitne uzdolnienia, talent lub mających niepowodzenia szkolne, do których możemy zaliczyć uczniów z: autyzmem, *déjà vu*, dysleksją, leworęcznością, pamięcią faktograficzną, sezonowym zaburzeniem afektywnym (SAD — ang. *Season Affective Disorder*), słuchem absolutnym, synestezją, czyli słyszeniem kolorami, czy zespołem nadpobudliwości psychoruchowej i deficytu uwagi (ADHD — ang. *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder*).

Zdaniem Roberta M. Paterno (2006, s. 1—2), profesora neuropsychologii i psychopedagogiki z Wydziału Filozofii, Pedagogiki i Nauk Humanistycznych Uniwersytetu Morón, istnieją już potwierdzone relacje między naukami neuronalnymi (neurobiologią, neuropsychologią oraz neuropedagogiką) a pedagogiką. Autor prowadzi z sukcesem badania empiryczne nad procesem uczenia się dzieci z zaburzeniami typu: dyskalkulia, dysleksja, dysgrafia, ze specyficznymi zaburzeniami rozwoju języka czy z ADHD, a więc z zaburzeniami, które związane są z uszkodzeniami połączeń neuronowych w mózgu. Teoretycy neurodydaktyki są zdania, że dzieci z takimi zaburzeniami powinny być jak najwcześniej diagnozowane, a następnie poddawane stosownej codziennej i naturalnej terapii. Jeżeli taka terapia nie przyniesie oczekiwanej poprawy, wówczas dzieci będą potrzebowały umieszczenia w specjalnym środowisku pedagogicznym, częstego diagnozowania, monitorowania oraz intencjonalnych działań terapeutycznych prowadzonych już przez specjalistów (Cozolino, 2004, s. 64).

W mózgu przebiega proces uczenia się, w wyniku którego powstają nowe ślady pamięciowe — engramy, a istniejące ulegają przekształceniu poprzez zmianę aktywności synapsy. Każde rozumowanie, poznawanie, percypowanie związane jest ze zmianą w obwodach neuronów. Sieć neuronów (Tadeusiewicz, 1996) stanowi aktywny system w procesie codziennego poznawania świata i skłania dziecko do zadawania wielu py-

tań dotyczących środowiska, w którym funkcjonuje. Dlatego od urodzenia dzieci chcą wiedzieć, co się wokół nich dzieje. Przez długi czas klasycy dydaktyki i psychologii rozwojowej uważali, że takie zachowanie związane jest z tzw. potencjałem uczenia się, wstępnie zaprogramowanym genetycznie (zob. Włodarski, 1979). Jednak eksperymenty laboratoryjne na zwierzętach, opisane w wielu książkach z zakresu psychologii (zob. Moyer, 1976, 1983; Hubel, Wiesel, 1979, s. 150—162; Kaplan, 1988, s. 839—840; Miller, 1985, s. 423—440), pokazały, że genetyczne dziedziczenie dotyczy jedynie podstawowego wyposażenia stworzenia w neuronalny plan wykonawczy, taki jak: instynkt, agresja, zachowania bezwarunkowe czy fizjologia motywacji. Jednak przepływ informacji ze zmysłów do mózgu oraz stała interakcja z otaczającym jednostkę środowiskiem determinuje przedmiot uczenia się oraz wskazuje, w jaki sposób zdolności czy talent mogą być rozwijane. Wyniki współczesnych badań w naukach neuronowych dowodzą, że mózg integruje myślenie (zob. Fisher, 1999), odczuwanie i podejmowanie działań przez jednostkę (zob. Ingarden, 1998, s. 147—168; Kossuth, red., 1994). Jednostka dzięki swojemu układowi sensorycznemu (receptyjnemu) widzi, słyszy, smakuje, czuje, dotyka, rusza się, balansuje, a informacje te za pośrednictwem systemu neuronów przekazywane są do mózgu. W nim następuje przetwarzanie informacji w sekwencyjnej pamięci krótkoterminowej (tzw. pamięci roboczej — zatrzymującej informacje na czas od 5 do 20 sekund). Wiele nowych informacji jest tutaj filtrowanych, rozpraszanych i nigdy nie zostaje zachowanych, ponieważ mogą być nieistotne, trywialne lub niekompetentne. Informacje istotne trafiają do zorganizowanej pamięci długoterminowej. Poprzez neuronalne połączenia informacje z mózgu kierowane są do układu mięśniowego, co powoduje natychmiastowe uruchomienie motoryki (ekspresji) jednostki, czyli: mówienia, pisanie, mimiki, gestów, chodzenia czy biegu. Układ wyjściowy posiada sprzężenie zwrotne z układem receptyjnym, stąd działania jednostki mają charakter ciągły o zróżnicowanej dynamice, zdeterminowanej kolejnymi informacjami trafiającymi do układu receptyjnego (zob. Connel, 2005, s. 100 oraz Schachl, 2006).

Od dydaktyki klasycznej do neurodydaktyki, czyli dydaktyki kognitywistycznej

Współcześnie dydaktykę postrzega się jako naukę o nauczaniu i uczeniu się, w której poddaje się analizie czynności zarówno nauczyciela, jak

i ucznia oraz czynniki charakteryzujące proces kształcenia, np.: cele, treść, metody nauczania i formy organizacyjne oraz media i materiały dydaktyczne (zob. Okoń, 1987; Kruszewski, 1987; Kupisiewicz, 1973, 2000). Olbrzymi wkład w rozwój współczesnej dydaktyki ogólnej wnieśli w Polsce następujący profesorowie: Wincenty Okoń, Czesław Kupisiewicz, Krzysztof Kruszewski, Tadeusz Lewowicki, Kazimierz Denek, Leon Leja, Władysław Zaczyński, Wojciech Kojs, Stefan Mieszalski, Franciszek Bereźnicki, Bronisław Siemieniecki i Eugeniusz Piotrowski.

Brak umiejętności polskich uczniów pokazały kolejne wyniki ogólnoswiatowych badań 10-latków, przeprowadzone przy wykorzystaniu tego samego testu w ramach badań PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study — Postęp w Międzynarodowym Badaniu Umiejętności Czytania) (Brożek, 2007; Rindermann, 2007, s. 667—705), oraz badań PISA (*Programme for International Student Assessment* — Międzynarodowy Program Oceny Umiejętności Uczniów) pod auspicjami Organizacji Wspólnoty Gospodarczej i Rozwoju (OECD) dla 15-latków w zakresie tzw. alfabetyzacji funkcjonalnych, czyli: czytania i rozumowania w naukach humanistycznych, rozwiązywania problemów matematycznych i rozumowania w naukach przyrodniczych w kontekście codziennych, życiowych problemów (PISA, 2006b, 2009a). Osiągnięcie wysokiego poziomu umiejętności funkcjonalnych pozwala jednostce prawidłowo działać we współczesnym społeczeństwie zdominowanym przez naukę i technikę. Badania PISA ujawniły następujące słabości polskiej szkoły: schematyzm metodyczny, nauczanie encyklopedyczne, podawanie pojedynczych faktów, a nie ich syntetycznego ujęcia, nieuwzględnianie znaczenia umiejętności docierania do informacji, wartościowania ich, gromadzenia, rozumienia oraz konstruowania z nich wiedzy, nieuczenie krytycznego myślenia, dostrzegania problemów i ich twórczego rozwiązywania oraz umiejętności zadawania pytań, które wspierają kształtowanie wcześniej wymienionych umiejętności funkcjonalnych. Większość podręczników oraz poradników metodycznych została tak skonstruowana, aby upowszechniać schematyczne rozwiązania, nie poszukiwać twórczych rozwiązań, nie promować zachowań nietypowych, natomiast kształtować u uczniów podążanie śladem rozumowania nauczyciela, prowadzącego do jedynie słusznego rozwiązania problemu. To powoduje, że średnie wyniki naszych uczniów z różnych typów szkół mieszczą się na poziomie średnim na liście kilkudziesięciu krajów uczestniczących w badaniach testowych, jednak np. za Słowacją i Czechami. Niedosięgniętym wzorcem do naśladowania dla naszego systemu edukacyjnego są szkoły w Finlandii, która jako jedyny kraj europejski wygrywała konkurencję z Koreą Południową, Hongkongiem czy Japonią. W tych krajach dominuje nauczanie oparte na osiągnięciach nauk kognitywistycznych, z któ-

rymi związana jest neurodydaktyka i to one wiodą prym w osiągnięciach uczniów 15-letnich mierzonych w projekcie PISA w 2009 roku.

Dyskusja w środowiskach nauczycieli wielu krajów, w których przeprowadzono badania PISA, dotyczą uczniów z najlepszymi wynikami w testach skłania do wykorzystania skutecznych strategii uczenia się, uwzględniających: umiejętność myślenia, inteligencję emocjonalną, preferencje sensoryczne uczącego się, oraz zgody na wybór przez uczniów preferowanego stylu uczenia się. Uczniowie, którzy zdobyli najlepsze wyniki w teście PISA, stosowali indywidualnie dobrane strategie uczenia się i wierzyli w swe umiejętności.

Początki neurodydaktyki

W 1988 roku Gerhard Preiss, będący od 1976 roku profesorem dydaktyki w Uniwersytecie we Fryburgu (wcześniej nauczycielem matematyki i fizyki w kilku liceach w Szwajcarii), zaproponował wprowadzenie do siatki studiów autonomicznego przedmiotu opartego na badaniach mózgu i pedagogice. Przedmiot ten Preiss nazwał neurodydaktyką (Preiss, Hrsg., 1996). W treściach merytorycznych nowego przedmiotu zawarto przesłanie, że pedagogika szkoły i dydaktyka ogólna muszą zwracać baczniejszą uwagę na fakt, że uczenie się zależy od procesów przebiegających w mózgu, a kognitywne wyniki uczenia zwiększają się wraz z rozwojem mózgu uczącego się dziecka oraz świadomego wykorzystania jego możliwości. Dlatego też można powiedzieć, że neurodydaktyka bada warunki, w których uczenie się jednostki może być optymalizowane w najwyższym stopniu (zob. Juszczyk, 2010a, s. 23—44). Zakłada, że wykorzystywane metody nauczania powinny być dostosowane do możliwości uczniów, w dużej mierze zdeterminowane przez procesy biochemiczne w mózgu i wyższe funkcje psychiczne. Dlatego neurodydaktyka (jako „gałąź” dydaktyki ogólnej) współpracuje z różnymi naukami i dyscyplinami, takimi jak: neurologia, neurobiologia, neuroanatomia, neuromorfologia, neuropsychologia, psychologia poznawcza czy teoria sieci neuronowych.

Nikłe osiągnięcia szkolne oraz termin klasyczny „niewyuczalność” ucznia z punktu widzenia neurodydaktyki opisuje się jako wynik zastosowania nieadekwatnych strategii uczenia się. Neurodydaktyka chce pomóc w optymalnym i twórczym rozwiązywaniu zadań pedagogicznych oraz może wspierać uczącego się w odkrywaniu i zrozumieniu podstawowych mechanizmów występujących w procesie uczenia się jako procesie biologicznym, neuronowym, prowadząc do edukacji, w której wykorzystane metody nauczania i uczenia się, style uczenia się i style poznawcze

dostosowane są do preferencji sensorycznych uczącego się oraz funkcjonowania jego mózgu.

Wyniki swych przemyśleń w zakresie neurodydaktyki, badającej reakcję struktur mózgu na proces uczenia się, G. Preiss postanowił wykorzystać w edukacji; na początku poddał metodzie dzieci w wieku od 3. do 6. roku życia; taki wiek uznał za „złote lata w procesie uczenia się”. Jego zdaniem intencjonalnie realizowana nauka w tych czterech latach stanowi podstawę rozwoju jednostki przez całe jej życie (Preiss, 1996, s. 39—63). W dodatku osiągnięcia jednostek budują osiągnięcia społeczności, które z kolei przyczyniają się do stworzenia członkom społeczności dobrego startu. Profesor opracował dla kilkuletnich dzieci w wieku od 2,5 roku do 7 lat programy nauczania matematyki, dostosowując wyniki badań w zakresie neurodydaktyki oraz wybrane aspekty edukacji matematycznej do poziomu rozwoju dziecka (zob. www.zahlenland.info). Najbardziej znane są trzy programy Preissa: *In little duck's adventureland* [*W krainie przygód małego kaczonego*], *Numberland* [*Kraina liczb*] oraz *The gardens geometry* [*Ogrody geometrii*], w których dzieci uczą się podstawowych koncepcji analitycznych, są wprowadzane w świat matematyki i ćwiczą związki między matematyką oraz geometrią z wykorzystaniem czynności manualnych oraz zabawy (zob. www.numberland.info oraz www.gardenofgeometry.com).

Dzieci uczęszczające do przedszkola i szkoły podstawowej mogą otrzymać podstawowe bezpośrednie i pośrednie informacje na temat funkcjonowania swego mózgu (zob. Vasta, Haith, Miller, 1995). Będzie to miało miejsce wtedy, gdy nauczyciele w przedszkolu i szkole będą znać „rzeczywisty” postęp w zakresie neuropsychologicznego procesu uczenia się. Dlatego badania empiryczne prowadzone na mózgu powinny być ściśle związane z działalnością dydaktyczną. Neurodydaktyka jest pomocna nie tylko w rozwoju procesu uczenia się, kształtowaniu osiągnięć szkolnych, lecz także w kształtowaniu motywacji wewnętrznej; pokazuje, że chęć uczenia się stanowi o jakości ludzkiego życia. Neurodydaktyka może nadać nowy wymiar procesowi uczenia się. Zatem systematyczne i dokładne poznawanie zmian w sieci neuronów (zob. Tadeusiewicz, 1998, s. 147—168) w trakcie uczenia się stopniowo przyczynia się do budowy kognitywistycznej teorii uczenia się.

Inteligencja emocjonalna

Zdaniem Manfreda Spitzera (2007), mózg stanowi podstawę funkcjonowania organizmu ludzkiego, kieruje zarówno mentalną, jak i fizyczną aktywnością człowieka. Kontrola mózgu poddane są wszystkie nasze

czyny oraz przeżywane emocje, za które odpowiada ciało migdałowe. Umysł stanowi o tym, kim jesteśmy i kim będziemy. Dogłębne poznanie jego funkcjonowania i budowy jest dla procesu uczenia się, a co za tym idzie — dla pedagogiki, tak samo ważne, jak „astrofizyka dla podróży kosmicznych”.

Problematyka emocji i ich wpływ na skuteczność nauczania są powszechnie znane w środowisku nauczycielskim. Teoria Daniela Golemana (1997, s. 33) zakłada jednak nowatorskie podejście do tego zagadnienia. Proces kształcenia i rozwijanie inteligencji emocjonalnej może stanowić klucz do sukcesów edukacyjnych. Codzienna obserwacja zachowań ucznia wywołanego do odpowiedzi przy tablicy wskazuje, że większość z nich nie może wydobyć z siebie głosu, ma pustkę w głowie, pomimo iż uczyli się dzień wcześniej w domu i rezultaty tej nauki mogli prezentować мамie lub rodzeństwu. Dzieje się tak dlatego, że ciało migdałowe wszczyna alarm. Noradrenalina przekazywana do ośrodków mózgu sprawia, że nasze ciało staje do walki (pojawia się agresja) lub przygotowuje się do ucieczki (wycofanie), przestajemy myśleć logicznie. Każda informacja, którą nauczyciele przekazują uczniom, jest ważona przez ciało migdałowe, które dodaje do niej informację, czy jest to przyjemne i można to przyswoić, czy nieprzyjemne i należy się przed tym chronić. Połączenia między układem limbicznym i korą mózgową są miejscem, w którym emocje i rozsądek toczą walki lub decydują o współpracy. Emocje mogą zaburzyć proces myślenia (zob. LeDoux, 1993). Dzieje się tak dlatego, że umysł emocjonalny działa szybciej niż umysł racjonalny i często wyklucza refleksję oraz analizę, działając na zasadzie bodziec — natychmiastowa reakcja. Sygnały silnych emocji, takich jak strach czy złość, są w stanie zakłócić pracę płatów czołowych. Jednak odcięcie kory mózgowej od pamięci emocjonalnej powoduje błędne reakcje, emocjonalne wyjałowienie. Bliskie osoby, znane przedmioty czy nawet wrogowie stają się dla nas neutralni. Neurolog Andre Damasio (2005) wysuwa w związku z tym tezę, iż uczucia są potrzebne nawet przy podejmowaniu racjonalnych decyzji. Region mózgu, gdzie umiejscowione są systemy związane z emocjami, uwagą i pamięcią krótkotrwałą, pozostające ze sobą w tak ścisłej współpracy, stanowi źródło energii dla działań zewnętrznych, takich jak ruch, oraz dla działań wewnętrznych.

Proces poznawania i emocje nie są rozdzielone, lecz współdziałają ze sobą już w anatomicznej strukturze człowieka. Ten fakt jest bardzo ważny i ma swoje konsekwencje dla procesu nauczania i uczenia się. Nauczyciele powinni respektować emocjonalność swoich uczniów, uczyć ich kontrolować swe emocje; powinni przekazywać informacje w ten sposób, aby proces myślenia uczniów mógł przebiegać bez zakłóceń. Powinni także wykorzystywać pozytywne emocje w procesie kształcenia, realizując

w ten sposób starą maksymę: „Uczenie się bez lęku i stresu”. Zatem we współczesnej szkole nie powinno być pokrzykiwań, szkoła powinna być mniej frustrująca, mniej nudna, powinno się w niej wykonywać mniej bezużytecznych prac, a zapewniać więcej wolności, radości, więcej szczęścia, które prowadzą do osiągnięcia sukcesów edukacyjnych przez uczniów. Wykorzystanie najnowszych badań nad mózgiem człowieka w neurodydaktyce Anna Karpińska (2011, s. 179—192) postrzega jako klucz do osiągania sukcesów dydaktycznych przez uczących się i minimalizacji niepowodzeń szkolnych.

Modalność w edukacji

W mózgu informacji (treści) nadawane są znaczenia, czyli następuje konotacja, a także denotacja, zatem oznaczanie i nazywanie informacji. Zglobalizowana i zwerbalizowana informacja, zawierająca charakterystykę przedmiotów świata rzeczywistego znajdujących się w polu obserwacji odbiorcy, dokonuje się w sposób indywidualny, czyli w ujęciu modalnym (zob. Palmer, 1986; Marciszewski, 1987; Żegleń, 1990).

Preferencje sensoryczne uczących się

Pojęcie modalności dotyczy także preferowanej modalności sensorycznej, inaczej: podstawowej reprezentacji zmysłowej, czyli cechy określającej dominujący u danej osoby rodzaj zmysłu, który odzwierciedla się również w mowie tej osoby. Modalność odnosi się do sposobu reagowania na bodźce płynące z zewnątrz. Modalność zmysłowa to moduł, w ramach którego odbierane są i przetwarzane bodźce określonej kategorii. Uczący się postrzegają otaczającą ich rzeczywistość za pośrednictwem różnych kanałów sensorycznych, dlatego też wyróżniamy cztery rodzaje modalności (zob. Elis, 1995, s. 506): wzrokowa, słuchowa, kinestetyczna i dotykowa (czuciowa). Scharakteryzujemy poszczególne modalności:

1. Modalność wzrokowa (ang. *visual*) — wzrokowcy uczą się najlepiej wtedy, gdy bodźce płynące z zewnątrz oddziałują na ich zmysł wzroku; widzą obrazy, a nawet słowa, lubią korzystać z notatek, materiałów wizualnych, takich jak plakaty, obrazy, mapy, tabele.

2. Modalność słuchowa (ang. *auditory*) — słuchowcy najlepiej zapamiętują to, co usłyszą; dźwięk, rytm i melodia pomagają im percypować

nowy materiał. Chętnie słuchają nauczyciela, nagrań na kasetach/płytach czy radia.

3. Modalność kinestetyczna (ang. *kinaesthetic*) — kinestetycy chętnie ruszają się w trakcie uczenia, gdyż uczą się przez działanie, aktywność całego ciała; korzystają z zabaw ruchowych, aktywności manualnych związanych np. z rysowaniem, malowaniem, kolorowaniem, wycinaniem, klejeniem, pokazywaniem, podawaniem; najchętniej pracują w grupie.

4. Modalność dotykowa (czuciowa, ang. *tactile*) — dotykowcy najlepiej uczą się, gdy mają możliwość dotknięcia poznawanego przedmiotu i pracy z nim.

Z modalnością kinestetyczną silnie związana jest modalność dotykowa/czuciowa, stąd część psychologów łączy je z sobą, prezentując modalność kinestetyczno-czuciową. Systemy percepcyjne, jak nasz system słuchowy, wzrokowy, kinestetyczny czy dotykowy, rejestrują określone bodźce docierające do naszych zmysłów, przetwarzają je, a następnie przechowują w postaci śladów pamięciowych (Komorowska, 2002, s. 94—95).

Modalności sensoryczne można z powodzeniem wykorzystać w procesie uczenia się, opierając się na teorii inteligencji wielorakich Howarda Gardnera (1983; 1993; 1999; 2002). Dlatego już nauczyciele wczesnoszkolni powinni diagnozować uczniów klas I pod względem ich modalności, najbardziej skutecznych sposobów analizy i percypowania informacji, dostosować do tego metodykę prowadzonych zajęć dydaktycznych, czyli opracować stosowną strategię nauczania i wraz z uczniami starać się kształtować u nich indywidualny styl uczenia się, prowadzący nie tylko do istotnego zwiększenia poziomu osiągnięć szkolnych, ale przede wszystkim do zrozumienia informacji i ukształtowania umiejętności konstruowania założeń swej wiedzy o rzeczywistości edukacyjnej, przyrodniczej, społecznej i kulturalnej. Niestety badania wstępne prowadzone w 2009 roku przez pracowników Katedry Pedagogiki Wczesnoszkolnej i Pedagogiki Mediów Uniwersytetu Śląskiego na reprezentatywnej grupie nauczycieli klas I—III w województwie śląskim wykazały, że jedynie kilka procent nauczycieli wczesnoszkolnych diagnozuje swych uczniów pod względem ich modalności. Jeżeli nawet dokonują takiej diagnozy, to nie przekłada się ona na wykorzystanie odpowiednich mediów i materiałów dydaktycznych oraz metod nauczania. Nauczyciele nie kształtują także indywidualnych stylów uczenia się dzieci, strategii odbioru informacji, jej przyswajania i przygotowania się do sprawdzianu, co przekłada się na niską efektywność procesu uczenia się zarówno w szkole podstawowej, jak i w gimnazjum.

Współkształtowanie przez nauczyciela i uczącego się stylu uczenia się

Badania dotyczące indywidualnych preferencji (stylów) w uczeniu się oraz nauczaniu podejmuje się w ramach psychologii kształcenia (zob. Mietzel, 2003). Styl jest to najchętniej wybierany sposób realizowania i organizowania czynności psychicznych. Potocznie stylem uczenia określa się różne sposoby uczenia się lub podejścia do materiału dydaktycznego w celu jego asymilacji. Każdy z uczących się wypracowuje własny styl uczenia się, zależny od dotychczasowych doświadczeń edukacyjnych, zdobywanych na kolejnych poziomach kształcenia, kontekstu społecznego i kulturowego rodziny, w której funkcjonował, od przyjętych od koleżanek i kolegów z grupy rówieśniczej wzorców, ale także od wykorzystywanego w kształceniu instytucjonalnym i pozaszkolnym instrumentarium medialnego i wpływu metodycznego nauczyciela. Poznanie własnego stylu uczenia się i adekwatnych do niego strategii uczenia się w zakresie: odbioru informacji, percypowania informacji i przygotowania się do ewaluacji (sprawdzenia wiedzy i umiejętności), jest podstawą świadomego podnoszenia jakości zajęć dydaktycznych (zob. strona Neila Fleminga: <http://www.vark-learn.com>).

Autorzy w różny sposób ujmują styl uczenia się, zarówno w szerszym, jak i węższym kontekście. Koncepcja Neila Fleminga (Fleming, Baume, 2006), autora modelu VARK, należy do ujęć węższych. Nazwa modelu pochodzi od pierwszych liter pojęć charakteryzujących sposoby przetwarzania informacji, wyróżnione ze względu na modalności sensoryczne: wzrokowy (ang. *Visual*), słuchowy (ang. *Aural*), werbalny w formie pisanej (ang. *Reading/Writing*), kinestetyczny (ang. *Kinaesthetic*). W rodzimej literaturze przedmiotu można znaleźć węższe strategie nauczania-uczenia się, np. WAK, wykorzystujące system sensoryczny w przekazie informacji: wizualnej — 29%, audytywnej — 34%, kinestetycznej — 37%. Rozwinięciem takiej strategii jest wykorzystanie modelu WSW — Wysokiej Samooceny i Wiary w Siebie, obejmującej pięć składników: przynależność, aspiracje, bezpieczeństwo, tożsamość i sukces (zob. Smith, 1997, s. 25—29).

Zdaniem N. Fleminga, i uczący się, i nauczyciel przejawiają stałe preferencje modalnościowe na różnych poziomach zachowań. Osiągnięcia w procesie uczenia się zależą od dopasowania do prezentowanego stylu strategii uczenia się i nauczania. W przypadku każdego ze stylów należy dobrać sposoby ułatwiające odbiór informacji, przyswajanie nowych treści oraz przygotowanie się do egzaminów czy sprawdzianów (więcej

na ten temat można znaleźć w mojej pracy *Style uczenia się dorosłych z wykorzystaniem komputera i Internetu* — Juszczak, 2003 [2004], s. 119—134).

Pojęciem szerszym od stylu uczenia się jest styl poznawczy. Czesław Nosal (1996, s. 744) jest zdania, że „style poznawcze opisuje się jako różnice indywidualne w zakresie sposobu przebiegu czynności poznawczych, czyli w zakresie tego, jak postrzegamy, uczymy się i myślimy, w porównaniu z innymi ludźmi”. W literaturze przedmiotu można znaleźć opisy wielu stylów poznawczych determinujących m.in. organizację procesu nauczania, np. style spostrzegania danych (Witkin, 1998, s. 75), style tworzenia pojęć i zapamiętywania informacji (Nosal, 1979) czy style myślenia (Matczak, 2002, s. 763).

Konkluzje

Konkluzje tej pracy nie są optymistyczne. Odnosząc się do początków edukacji instytucjonalnej, czyli do metod nauczania zintegrowanego oraz konstrukcji podręczników i materiałów metodycznych dla uczniów wczesnoszkolnych, obserwujemy ich głębokie zakorzenienie w teorii behawiorystycznej: bodziec → reakcja → wzmocnienie. Każdemu podręcznikowi w klasach I—III towarzyszy przewodnik metodyczny dla nauczycieli, który w rzeczywistości stanowi zbiór konspektów zajęć, często zawierających przebieg zajęć (czasami nawet przewidywane „jedynie słuszne” odpowiedzi uczniów), cele, temat, który należy wpisać do dziennika, przewidywaną pracę domową oraz wiele innych standardowych informacji. Dlatego większość nauczycieli rezygnuje z własnej pomysłowości, kreatywności i postępuje zgodnie ze wskazówkami. Przeciętny podręcznik skonstruowany jest tak, że praca ucznia polega głównie na uzupełnianiu zdań lub schematycznym rozwiązywaniu zadań, czyli odgadywaniu czyjegoś, oczywiście właściwego toku rozumowania, za którego powtórzenie uczeń zostanie pochwalony. Takie działania jednak niweczą próby stymulowania umiejętności samodzielnego myślenia ucznia. Zadanie z zakresu edukacji matematycznej czy przyrodniczej wykonane w inny sposób niż ten zaprezentowany przez nauczyciela często uznawane jest za wykonane błędnie. Często też tok rozumowania jest narzucony przez nauczyciela, a każde od tego toku odstępstwo jest krytykowane; nie wspiera się twórczego rozwiązywania problemów.

Już w procesie dydaktyczno-wychowawczym realizowanym w klasach I—III nauczyciel powinien integrować nie tylko treści i metody

nauczania, ale także różnego rodzaju umiejętności, predyspozycje sensoryczne i intelektualne, w tym emocje uczniów, a zatem wprowadzać efektywne strategie neurodydaktyczne. Właściwe kształcenie w zakresie alfabetyzacji funkcjonalnych, czyli: czytania różnych tekstów ze zrozumieniem, rozwiązywania problemów matematycznych czy rozumowania w naukach przyrodniczych na podstawie zadań, zagadnień czy sytuacji życia codziennego na kolejnych etapach edukacji, pozwoli na dobre przygotowanie uczniów do świadomego kontynuowania kariery edukacyjnej, a później zawodowej. Dostosowanie do indywidualnych potrzeb uczących się oraz kształtowanie umiejętności prawidłowego uczenia się, indywidualnych stylów uczenia się, motywacji oraz właściwego korzystania z emocji doprowadzi do ukształtowania kompetencji wymaganych od absolwenta różnego poziomu i typu szkoły. Właściwe prowadzenie procesu kształcenia zintegrowanego, a w sposób naturalny (zindywidualizowany) kształcenia na dalszych poziomach doprowadzi do wykreowania jednostek świadomych swoich możliwości, zdolnych do podejmowania nowych wyzwań, poszukiwania nowych rozwiązań, kreatywnych w procesie poznawania rzeczywistości, przygotowanych na dynamiczne zmiany edukacyjne, społeczne i ekonomiczne (zob. Linksman, 2000; Dryden, Vos, 2003, s. 351).

Należy wprowadzić do edukacji taki model nauczania kognitywistycznego, w którym możliwe byłoby zastosowanie wyników badań nad procesem przetwarzania informacji w mózgu i czterech głównych teorii neurodydaktycznych oraz związanych z nimi teorii bardziej szczegółowych. Pierwsza z głównych teorii dotyczy przebiegu procesów myślowych, bez których proces nauczania przypominałby nie działania intencjonalne, lecz losowe, i z tego wynikałyby zasady dydaktyczne. Drugą teorią wykorzystaną w takim modelu nauczania byłaby teoria inteligencji wielorakich, która — przy założeniu dominacji pewnych cech i umiejętności (modalności) oraz określonego profilu inteligencji uczącego się — pozwala ułatwić percypowanie nowych informacji i ukształtowanie nowych umiejętności. Kolejna teoria to teoria inteligencji emocjonalnej, która wykazuje, jak istotny jest wpływ emocji na proces uczenia się. Ostatnia teoria wiąże się z ukształtowanym przez nauczyciela i uczącego się stylem uczenia się polisensorycznego, czyli uczenia się za pomocą trzech kanałów przyswajania, z wykorzystaniem modalności mediów i materiałów dydaktycznych (zob. Siemieniecki, 2009).

Umiejętne korzystanie z teorii neurodydaktycznych może doprowadzić do optymalizacji warunków nauczania, wyzyskania potencjału ucznia, co będzie skutkować nie tylko wzrostem efektywności nauczania, ale także pełniejszym zrozumieniem nauczanych treści, świadomym konstruowaniem podstaw wiedzy, kreatywnością w rozwiązywaniu problemów, pra-

widlowym rozumowaniem, postrzeganiem faktów i relacji między nimi oraz umiejętnością zadawania pytań. Taki model łączy w sobie indywidualizację nauczania z tradycyjną organizacją zajęć oraz daje uczniom możliwość stania się prawdziwym podmiotem edukacji.

Bibliografia

- Anderson R., 1998: *Uczenie się i pamięć. Integracja zagadnień*. Warszawa.
- Bandler R., Grinder J., 1975: *The Structure of magic: A book about language and therapy*. Palo Alto.
- Bradbury A., 2004: *NLP. Wpływ na siebie i innych*. Gliwice.
- Brożek A., 2007: *Badanie PIRLS 2006 w Polsce (doniesienie badawcze)*. Referat wygłoszony na XIII Konferencji Diagnostyki Edukacyjnej „Uczenie się i egzamin w oczach uczniów”, Łomża (Polska), 5—7 października 2007 r. Tekst referatu w posiadaniu Autora artykułu.
- Connel J.D., 2005: *Brain-based strategies to reach every learner*. New York.
- Cozolino J.L., 2004: *Neuronauka w psychoterapii. Budowa i przebudowa ludzkiego mózgu*. Przeł. J. Gilewicz. Poznań.
- Damasio A., 2005: *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain*. London.
- Dewey J., 1929: *Szkoła i dziecko*. Wstęp E. Claparèd. Przeł. H. Błeszyńska. Warszawa.
- Dewey J., 1967: *Wybór pism pedagogicznych*. Wybór, wstęp, oprac., przeł. J. Pieter. Warszawa.
- Dewey J., 2005: *Moje pedagogiczne credo*. Przeł. J. Pieter. Warszawa.
- Duch W., 1998: *Czym jest kognitywistyka?* „Kognitywistyka i Media w Edukacji”, T. 1, nr 1.
- Dunn R., Griggs S.A., eds., 2000: *Practical approaches to using learning styles in higher education*. Westport.
- Dryden G., Vos J., 2003: *Rewolucja w uczeniu*. Przeł. B. Józwiak. Poznań.
- Elis E., 1995: *The study of second language acquisition*. Oxford 1995.
- Fisher R., 1999: *Uczymy się jak myśleć*. Przeł. K. Kruszewski. Warszawa.
- Fleming N., Baume D., 2006: *Learning styles again: VARKing up the right tree!* „Educational Development”, vol. 74.
- Freeman F.S., 1971: *Różnice indywidualne w zdolnościach umysłowych i ich implikacje pedagogiczne*. Warszawa.
- Gardner H., 1983: *Frames of mind. The theory in practice*. New York.
- Gardner H., 1993: *Multiple intelligences. The theory in practice*. New York.
- Gardner H., 1999: *Intelligence reframed. Multiple intelligences for the 21st Century*. New York.
- Gardner H., 2002: *Inteligencje wielorakie. Teoria w praktyce*. Przeł. A. Jankowski. Poznań.
- Garrett B., 2009: *Brain & behavior. An introduction to biological psychology*. 3rd ed. Thousand Oaks.
- Goleman D., 1997: *Inteligencja emocjonalna*. Poznań.

- Hubel D.H., Wiesel T.N., 1979: *Brain mechanism of vision*. „Scientific American”, vol. 241.
- Ingarden R.S., 1998: *Kognitywna dynamika mózgu*. „Kognitywistyka i Media w Edukacji”, T. 1.
- Jensen E., 2008a: *Brain-based learning. The new paradigm of teaching*. 2nd ed. Thousand Oaks.
- Jensen E., 2008b: *Teaching with the brain in mind*. Alexandria, Association for Supervision and Curriculum Development.
- Juszczyk S., 1998: *Komunikacja człowieka z mediami*. Katowice.
- Juszczyk S., 2002a: *Edukacja na odległość. Kodyfikacja pojęć, reguł i procesów*. Toruń.
- Juszczyk S., 2002b: *Edukacja w społeczeństwie ery informacji i komunikacji*. W: *Edukacja w dialogu i reformie*. Red. A. Karpińska. Białystok.
- Juszczyk S., 2003 [2004]: *Style uczenia się dorosłych z wykorzystaniem komputera i Internetu*. „Chowanna”, T. 2 (21): *Nauki o wychowaniu w ponowoczesnym świecie*. Cz. 2.
- Juszczyk S., 2009: *Aspekty modalnościowe edukacji medialnej*. „Chowanna”, [Tom jubileuszowy]: *Aspekty modalne treści kształcenia*. [Red. W. Kojs].
- Juszczyk S., 2010a: *Czy neurodydaktyka stanie się nowym paradygmatem w społeczeństwie uczącym się? Próba analizy problemu*. V: *Neuropedagogika a vyučovanie*. Red. E. Petlak. Nitra.
- Juszczyk S., 2010b: *Revolucja informacyjna a zmiana społeczna*. W: *Czas społeczny akademickiego uczestnictwa w rozwoju i doskonaleniu „civil society”*. Red. E. Syrek. Katowice.
- Kaplan J., 1988: *The use of animals in research*. „Science”, vol. 242.
- Karpińska A., 2011: *Niepowodzenia edukacyjne — renesans myśli naukowej*. Białystok.
- Komorowska H., 2002: *Metodyka nauczania języków obcych*. Warszawa.
- Kossuth M., red., 1994: *Mechanizmy plastyczności mózgu*. Warszawa.
- Kruszewski K., 1987: *Zmiana i wiadomości — perspektywa dydaktyki ogólnej*. Warszawa.
- Kruszewski K., red., 1992: *Sztuka nauczania. Czynności ucznia*. Warszawa.
- Kupisiewicz C., 2000: *Dydaktyka ogólna*. Warszawa.
- Kupisiewicz C., 1994: *Podstawy dydaktyki ogólnej*. [Wyd. 10]. Warszawa.
- LeDoux J., 1993: *Emotional memory systems in the brain*. „Behavioral and Brain Research”, vol. 58.
- Lindsay H.P., Norton D.A., 1994: *Procesy przetwarzania informacji u człowieka. Wprowadzenie do psychologii*. Warszawa.
- Linksman R., 2000: *W jaki sposób szybko się uczyć*. Warszawa.
- Madsen K.B., 1980: *Współczesne teorie motywacji*. Warszawa.
- Marciszewski W., 1987: *Logika formalna: zarys encyklopedyczny z zastosowaniem do informatyki i lingwistyki*. Warszawa.
- Matczak A., 2002: *Style poznawcze*. W: *Psychologia. Podręcznik akademicki. Psychologia ogólna*. T. 2. Gdańsk.
- Mietzel G., 2003: *Psychologia kształcenia. Praktyczny poradnik dla pedagogów i nauczycieli*. Gdańsk.
- Miller N.E., 1985: *The value of behavioral research on Animals*. „American Psychologist”, vol. 40.
- Moyer K.E., 1976: *Psychobiology of aggression*. New York.

- Moyer K.E., 1983: *The physiology of motivation. Aggression as a model*. In: *The G. Stanley Hall lecture series*. Ed. C.J. Scheirer, A.M. Rogers. Vol. 3. Washington, DC.
- Nosal C., 1979: *Mechanizmy funkcjonowania intelektu. Zdolności, style poznawcze, przetwarzanie informacji*. Wrocław.
- Nosal C., 1996: *Style poznawcze*. W: *Encyklopedia pedagogiczna*. Red. W. Pomykało. Warszawa.
- Okoń W., 1987: *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*. Warszawa.
- Palmer F.R., 1986: *Mood and modality*. Cambridge.
- Paterno R.M., 2006: *Neuroeducation today*. „UM-Thesaurus”, [vol.] 2 (8).
- PISA, 2006a: *Initial Report*. OECD. Tryb dostępu: http://www.ifispan.waw.pl/pliki/raport_2006.pdf.
- PISA, 2006b: *Programme for International Student Assessment. Wyniki badania w Polsce w 2006 r.* Warszawa.
- PISA, 2009a: *Assessment Framework — Key Competences in Reading, Mathematics and Science*. OECD.
- PISA, 2009b: *Learning Mathematics for Life. A Perspective from PISA*. OECD 2009. Tryb dostępu: www.pisa.oecd.org.
- Preiss G., 1996: *Beiträge einer Neurodidaktik zum Mathematikunterricht an Sonderschulen*. In: *Lernschwierigkeiten und Vermittlungsprobleme im Mathematikunterricht und Grund- und Sonderschule*. Hrsg. G. Eberle, R. Karmann. Wienheim.
- Preiss G., Hrsg., 1996: *Neurodidaktik. Theoretische und praktische Beiträge*. [„Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Freiburg”. Bd. 10]. Pfaffenweiler.
- Rindermann H., 2007: *The g-factor of international cognitive ability comparisons: the homogeneity of results in PISA, TIMMS, PIRLS and IQ tests across nations*. „European Journal of Personality”, vol. 21.
- Schachl H., 2006: *Was haben wir in Kopf? Die Grundlagen für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Linz.
- Siemieniecki B., 2009: *Kulturowe uwarunkowania kształcenia na odległość*. W: *Współczesne problemy kształcenia na odległość*. Red. T. Lewowicki, B. Siemieniecki. Toruń.
- Simms J.R., 1998: *Living systems: Theory, information and knowledge*. Atlanta.
- Smith A., 1997: *Przyspieszone uczenie się w klasie*. Przeł. A. Gałązka. Katowice.
- Spitzer M., 2007: *Jak uczy się mózg*. Przeł. M. Guzowska-Dąbrowska. Warszawa.
- Sprenger M.B., 2002: *Becoming a “wiz” at brain-based teaching*. Thousand Oaks, CA.
- Sprenger M.B., 2005: *Pedagogy meets neuroscience*. „Science”, no. 310 (5749).
- Springer S.P., Deutsch G., 2004: *Lewy mózg, prawy mózg. Z perspektywy neurobiologii poznawczej*. Warszawa.
- Stern E., 2005: *Pedagogy meets neuroscience*. „Science”, no. 310 (5749).
- Tadeusiewicz R., 1996: *Sieci neuronowe*. Warszawa.
- Tadeusiewicz R., 1998: *Badanie funkcjonowania mózgu*. „Kognitywistyka i Media w Edukacji”, T. 1.
- Taraszkiewicz M., 1997: *Nowa Szkoła. Wspieranie kariery ucznia*. Warszawa.
- Taraszkiewicz M., 2008: *Neuropedagogika — edukacja 21 wieku*. „Awangarda w Edukacji”, nr 1.
- Tokuhamma-Espinosa T., 2010: *Why mind, brain, and education sciences*. The „New Brain-Based” Education. Tryb dostępu: http://education.jhu.edu/newhorizons/Journals/Winter2011/Tokohuma_1. Data dostępu: 4.04.2011 r.
- Vasta R., Haith M.M., Miller S.A., 1995: *Psychologia dziecka*. Warszawa.

- Wilczyńska W., 1999: *Uczyć się czy być nauczonym? O autonomii w przyswajaniu języka obcego*. Warszawa.
- Witkin H.A., 1998: *Psychologiczne zróżnicowanie formy i patologii*. „Przegląd Psychologiczny”, nr 16.
- Włodarski Z., 1979: *Psychologiczne prawidłowości uczenia się i nauczania*. Wyd. 3. Warszawa.
- Wolf M., Barzillai M., Norton E., 2008: *Routes to reading*. In: *The reading brain*. Tryb dostępu: <http://science-community.sciam.com/blog-entry/Mind-Matters/Reading-Brain/580000>. Data dostępu: 25.03.2008 r.
- Żegleń U.M., 1990: *Modalność w logice i filozofii. Podstawy ontyczne*. Warszawa.

Źródła internetowe

www.gardenofgeometry.com
www.numberland.ino
www.vark-learn.com
www.zahlenland.info