

BEATA OELSZLAEGER-KOSTUREK

Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Etnologii i Nauk o Edukacji w Cieszynie, Polska
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4916-3380>
beata.oelszlaeger-kosturek@us.edu.pl

Neurobiologiczne uwarunkowania uczenia się. Wybrane zagadnienia

Neurobiological Determinants of Learning. Selected Issues

Abstract. The article presents the process of learning based on information processing. In order to contextualize the process the author refers to representative approaches in medicine, neurology, biology, psychology, philosophy and linguistics. The text is interdisciplinary in nature and it takes up the questions put within social sciences, including pedagogy and didactics. The issues discussed in the text, related to the functional structure of the brain, may be an interesting point of reflection for students of pedagogy and future teachers on the optimizing of the teaching-learning process for each learner regarded as a unique individual with his or her own individual needs, interests and, of course, a specific health condition.

Keywords: functional structure of the brain; the optimizing of the teaching-learning process; neurobiological determinants of learning

Abstrakt. W artykule opisano proces uczenia się opartego na przetwarzaniu informacji. W tym celu nawiązano do reprezentatywnych ujęć z zakresu medycyny, neurologii, biologii, psychologii, filozofii i lingwistyki. Tekst ma charakter interdyscyplinarny, wychodzi naprzeciw poszukiwaniom w zakresie nauk społecznych, w tym pedagogiki i dydaktyki. Omówione zagadnienia, związane z czynnościową strukturą mózgu, mogą stanowić przyczynek do refleksji studentów pedagogiki i przyszłych nauczycieli nad optymalizacją procesu nauczania i uczenia się w stosunku do każdego ucznia traktowanego jako niepowtarzalna jednostka mająca swoje potrzeby, zainteresowania i oczywiście określony stan zdrowia.

Słowa kluczowe: czynnościowa struktura mózgu; optymalizacja procesu nauczania i uczenia się; neurobiologiczne uwarunkowania uczenia się

WSTĘP

Proces odbioru, przetwarzania i zapamiętywania informacji, czyli uczenia się, jest możliwy dzięki określonej aktywności umysłowej. Informacje są odbierane w zorganizowany sposób i przetwarzane przez struktury poznawcze jednostki zgodnie z pewnymi mechanizmami, schematami, sposobami i zasadami poznawczymi. Według Kozłowskiego, który powołuje się na Enwistle'a i McGregora, uczeń wykorzystuje w tym celu strategie i metastrategie służące do przetwarzania głębokiego i powierzchniowego informacji (Kozłowski 2006, s. 101). „Wyznacznikami przetwarzania głębokiego (*deep processing*), które określane bywa też mianem elaboracji oraz myślenia twórczego, jest dążenie do sprawdzania prawdziwości informacji oraz integrowanie (włączanie, asymilowanie) nowych informacji do zasobu tej wiedzy i doświadczenia, które jednostka już posiada. Przetwarzanie powierzchniowe (*surface processing*), określane także jako tendencja do zapamiętywania lub przetwarzania, oznacza zapamiętywanie w tej samej postaci, w jakiej są one prezentowane, oraz przyswajanie ich poprzez powtarzanie” (Kozłowski 2006, s. 102). Autor dodatkowo zaznaczył za wskazanym źródłem, że oprócz tych dwóch opozycyjnych strategii można w procesie uczenia się wyodrębnić dezorganizację informacji, która „odnosi się do trudności, jakie ma uczeń z ustaleniem spójnego, konsekwentnego podejścia do uczenia się i jego realizacji” (Kozłowski 2006, s. 102).

Specyficznymi przejawami podejmowania uczenia się (jako procesu o charakterze informacyjnym) są spontaniczne wypowiedzi uczniów. Świadczą one o transmisji/ odbiorze, przetwarzaniu oraz zapamiętywaniu informacji. Transmisja informacji przez uczniów jest szczególnym przypadkiem manifestowania przez nich swojego zainteresowania danym tematem. Może być ona ciekawym momentem inicjującym akt komunikacyjny z nauczycielem, a tym samym dane działanie edukacyjne. Najczęściej odbywa się to przez zadawanie pytań (aby np. wyrazić wątpliwość) lub w formie stwierdzeń (aby np. przedstawić stan swojej wiedzy lub jej brak na dany temat).

Zarówno od warunków zewnętrznych edukacji, jak i od uwarunkowań wewnętrznych zależy to, czy tak ważne czynności informacyjne, jak zadawanie pytań i formułowanie stwierdzeń, mogą być przez uczniów artykułowane w czasie zajęć edukacyjnych. Do tych pierwszych można zaliczyć nauczyciela. Od niego zależy bowiem, czy i jak dalece uczniowie mogą wypowiadać się w trakcie zajęć oraz czy i jak ich wypowiedzi zostaną wykorzystane w procesie edukacyjnym. Innymi słowy, wszystko zależy od tego, czy w klasie panuje atmosfera sprzyjająca zaistnieniu tego typu zachowań językowych, ważnych z punktu widzenia refleksyjnego nauczyciela, ale i od samych uczniów, którzy wyrażają wątpliwości oraz prezentują własne zdanie¹.

¹ Zazwyczaj nauczyciela interesują wypowiedzi poprawne, a więc świadczące o zrealizowanym celu. Jak jednak twierdzi Kojs (1994, s. 85), wynik „pozytywny, a zarazem oczekiwany przez nauczyciela i ucznia, to tylko jeden z możliwych wyników. Oprócz nich mogą się pojawić wyniki

Sądzę, że warto zastanowić się nad uwarunkowaniami takiej aktywności uczniów w kontekście funkcjonowania układu nerwowego, w tym czynnościowej struktury mózgu. Mimo pewnych wątpliwości artykułowanych w literaturze przedmiotu co do tego, na ile można wykorzystać wiedzę o mózgu w praktyce edukacyjnej (Bowers 2016; Thomas i in. 2018), uważam, że trzeba podjąć tego typu namysł. Każdy refleksyjny nauczyciel, pedagog, osoba mająca wpływ na uczenie się i kształtowanie osobowości innych ludzi (w tym małych dzieci rozpoczynających edukację w szkole) musi wziąć pod uwagę zarówno publikacje podstawowe, ogólnie znane (np. z zakresu pedagogiki, psychologii, dydaktyki), jak i te najnowsze, w tym z kinezylogii edukacyjnej (Korab i in. 2008).

W dobie edukacji, w której zaczęto przykładać wagę do aktywnego, podmiotowego uczenia się uczniów, a także do wspierania uczniów o zróżnicowanych potrzebach edukacyjnych, refleksja studentów pedagogiki – przyszłych nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i wychowania przedszkolnego, do których głównie kieruję niniejsze opracowanie – powinna dotyczyć tego ciągle zbyt mało rozpoznanego obszaru nauki w perspektywie codziennej praktyki pedagogicznej.

CZYNNOŚCIOWA STRUKTURA MÓZGU

Mózg to narząd „znajdujący się wewnątrz czaszki, zbudowany z komórek nerwowych, umożliwiający myślenie i pamiętanie, kierujący procesami życiowymi człowieka (...)” (zob. Hasło: *Mózg*). To także zespół najwyższych ośrodków czuciowych, kojarzeniowych i ruchowych. Stanowi część układu nerwowego (Szkilądź, Bik, Pakosz, Szkilądź 1979, s. 223). Od jego funkcjonowania zależy odbiór, przetwarzanie i zapamiętywanie informacji. Poznanie jego struktury, cech i funkcji oraz zrozumienie sposobu funkcjonowania poszczególnych jego części umożliwia z kolei zrozumienie mechanizmów uczenia się. Wiedza o mózgu człowieka to gałąź nauki, która może mieć w najbliższej przyszłości zasadnicze znaczenie w kształceniu nauczycieli. Od aktualnej struktury mózgu, stale zmieniającej się (rozwijającej się), zależą m.in. możliwości poznawcze uczniów. Te zaś determinują realizowanie przez nich zadań edukacyjnych, zadawanie pytań, stwierdzanie stanu rzeczy.

pozytywne nieoczekiwane (niezamierzone), które można nazwać »odpadami« informacyjnymi, oraz wyniki negatywne przewidywane i nieprzewidywane”. Pytania i stwierdzenia uczniów nierzadko są traktowane jako odpady, nic nieznaczące informacje, zakłócające tok procesu edukacyjnego. Tymczasem mogą one stanowić istotną wartość dla kształtu procesu edukacyjnego oraz dla nauczyciela i uczniów. Nieoczekiwane zadane pytanie czy sformułowane stwierdzenie może stanowić przyczynek do zaistnienia nowych sytuacji, zaplanowania i zrealizowania nowych zadań. Przede wszystkim zaś wypowiedzi te mogą inicjować kontakt z nauczycielem, który nadaje określony kształt procesowi edukacyjnemu.

Mózg składa się z około stu miliardów komórek nerwowych (neuronów). Neuron, tak jak większość komórek, ma jądro i organelle, a średnica jego ciała wynosi przeciętnie od 15 do 25 mikrometrów. Neuron jest uznawany za komórkę szczególnego rodzaju ze względu na dwie cechy: zdolność błony komórkowej do wysyłania sygnałów w formie salw aktywności elektrochemicznej; kształt – ma liczne wypustki (neuryty – aksony i dendryty), dzięki którym łączy się z innymi neuronami, aby przekazać im sygnały.

W poszczególnych częściach mózgu występują rozmaite rodzaje neuronów (Greenfield 1998, s. 44–45; Longstaff 2005, s. 4–6). Klasyfikuje się je m.in. ze względu na cechy strukturalne, takie jak rozmiar, wzór drzewka dendrytowego, odległość aksonów, charakter połączeń. Można m.in. wyróżnić:

- 1) neurony jednobiegunowe – znajdują się głównie w drogach czuciowych, a ich ciało nie bierze udziału w przewodzeniu sygnałów,
- 2) neurony dwubiegunowe – odbierają sygnały od innych komórek za pośrednictwem dendrytów. Odpowiadają pojedynczym sygnałem wzdłuż swego jedynego aksonu,
- 3) neurony piramidalne – przypominają kształtem piramidę. Ich dendryty są zgrupowane w dwóch oddzielnych pęczkach, a akson może dawać odgałęzienia wsteczne do dendrytów. Stanowią 60% neuronów w korze mózgowej,
- 4) neurony Golgiego – bywają nazywane neuronami głównymi, przekaźnikowymi, projekcyjnymi. Ich siedliskiem jest mózdzek,
- 5) neurony gwiaździste – wyposażone są w wypustki tworzące kulistą formę przestrzenną. Znajdują się w korze mózgowej oraz pewnych obszarach pnia mózgu i rdzenia kręgowego. Ich rolą jest przetwarzanie i wysyłanie danych do pobliskich neuronów,
- 6) komórki amakrynowe – nie mają aksonów, a przekazywane przez nie informacje mają postać niewielkich zmian napięcia błony komórkowej. Znajdują się na siatkówce oka,
- 7) neurony kłębuszkowe – są komórkami opuszki węchowej, znajdują się nad jamą nosową,
- 8) neurony Purkinjego – znajdują się w mózdzku, są jednymi z największych komórek nerwowych.

Dopełniając listę rodzajów neuronów, trzeba wskazać jeszcze jedno kryterium klasyfikacji. Jest nim pełniona przez nie funkcja. Można zatem wyróżnić neurony:

- 1) aferentne, dzięki którym dany obszar układu nerwowego otrzymuje sygnały (projekcja dochodząca),
- 2) eferentne, dzięki którym są wysyłane sygnały do innych okolic układu nerwowego lub organów efektorowych (np. mięśnie lub gruczoły),
- 3) czuciowe (ruchowe) – są nimi neurony aferentne. Tworzą one połączenie z receptorami czuciowymi lub same są zdolne do odpowiadania wprost na bodźce fizjologiczne. Nazywane są neuronami czuciowymi (ruchowymi),

4) ruchowe (motoneurony) – są nimi neurony eferentne, tworzące synapsy na mięśniach szkieletowych².

Odrębna klasyfikacja neuronów związana jest też z rodzajem wydzielanych przez nie neuroprzekazników: pobudzających lub hamujących, co stanowi wskazówkę co do ich funkcji³.

Neurony odbierają sygnały od innych neuronów za pośrednictwem aksonów oraz komórek czuciowych. Większość impulsów przejmują dendryty, pewne sygnały docierają również bezpośrednio do ciała neuronu dzięki synapsie (szparze między neuronem wysyłającym i odbierającym sygnał)⁴. Biorąc udział w tworzeniu sieci neuronowej, neurony uczestniczą w złożonych czynnościach układu nerwowego. Jedną z ich podstawowych cech jest ich pobudliwość i zdolność przenoszenia informacji w postaci potencjału czynnościowego (Kaczmarek 1997, s. 9).

Należy dodać, że wielka liczba aksonów jest otoczona substancją mielinową, która zwiększa szybkość przekazu sygnałów. Otoczone mieliną drogi nerwowe tworzą tzw. istotę białą, a ciała komórek – istotę szarą. Istota szara wchodzi w skład kory mózgowej i występuje w formie pofałdowanych warstw komórek znajdujących się na powierzchni półkul mózgowych. Czasami skupiska istoty szarej znajdują się w pniu mózgu. Stanowią wtedy centra (jądra) nerwowe odpowiedzialne za czynności o wysokim stopniu zautomatyzowania, związane głównie z biologicznym funkcjonowaniem danej jednostki (Kaczmarek 1994, s. 31). Potencjał ten powstaje w obszarze początkowym aksonu i jest wynikiem zebrania pobudzających (depolaryzujących) oraz hamujących wpływów aktywowanych synaps (zlokalizowanych na dendrytach i na ciele komórki nerwowej).

Przychodzące na świat dziecko już dysponuje niemal wszystkimi komórkami nerwowymi (neuronami). W miarę rozwoju mózg ulega zmianie. Zmieniają się nie tyle same neurony, ile sieć połączeń między nimi. Ich liczba gwałtownie wzrasta w ciągu pierwszego roku życia. Liczba połączeń między komórkami mózgu niemowlęcia

² W literaturze przedmiotu opisany jest też szereg innych rodzajów komórek nerwowych. Na przykład w mózdzku zlokalizowane są – poza już wspomnianymi komórkami – komórki koszykowe, komórki gwiazdźdźiste małe i duże, komórki ziarniste małe i duże, horyzontalne Lugano, kiciaste (mszyste) (Bochenek, Reicher 2002, s. 198–200).

³ Longstaff (2005, s. 6) pisze o wyraźnej korelacji między morfologią neuronów i typem neurosekrecji. Jego zdaniem kształt neuronu stanowi wskazówkę pozwalającą przewidzieć, jaki rodzaj wskaźnika jest przezeń wydzielany: „Na przykład neurony piramidalne wydzielają kwas glutaminowy (neuroprzekaznik pobudzający), podczas gdy komórki gwiazdźdźiste i komórki Purkinjego wydzielają kwas gamma-aminomasłowy (GABA; neuroprzekaznik hamujący)”.

⁴ Jak czytamy w *Anatomii człowieka*, „[w]brew dawnym poglądom komórki nerwowe nie są ze sobą zespolone, lecz stykają się w miejscach zwanych synapsami lub złączami. W każdej synapsie rozróżnia się część presynaptyczną oraz postsynaptyczną, przedzielone szczeliną synaptyczną. Informacja jest przekazywana z części presynaptycznej na postsynaptyczną za pośrednictwem substancji zwanych neurotransmiterami lub modulatorami synaptycznymi. Złącza tego typu noszą nazwy synaps chemicznych w przeciwieństwie do rzadziej spotykanych synaps elektrycznych, gdzie przekazywanie informacji odbywa się bez pośrednictwa neurotransmitera” (Bochenek, Reicher 2002, s. 11).

znacznie przewyższa liczbę połączeń w mózgu dorosłego. Jak podają Blakemore i Frith, wiele „z tych nadmiarowych połączeń musi zostać wyeliminowanych i ta eliminacja, czyli przycinanie, jest równie ważnym elementem rozwoju, jak początkowy wzrost liczby połączeń” (za: Kaczmarek 1994, s. 31).

Mózg stanowi zasadniczą część układu nerwowego (Kalat 2020), najwyższy jego poziom, obok dwóch innych: rdzenia kręgowego, w którym zachodzi integracja czynności odruchowych; pnia mózgowego, związanego z regulacją czynności zautomatyzowanych, zabezpieczających biologiczne życie organizmu (oddychanie, sen, utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia krwi, odczuwanie łaknienia, popędu seksualnego). W mózgowiu (mózgu i pniu mózgu) zachodzi regulacja czynności wyższych. Należą do nich spostrzeganie, mówienie, czytanie, pisanie oraz takie uczucia, jak np. przyjaźń, patriotyzm. Na pień mózgowy składa się rdzeń przedłużony, tyłomózgowie, śródmózgowie oraz międzymózgowie (wzgórze i podwzgórze) (Kaczmarek 1997, s. 32–33). Z pniem mózgowym powiązany jest mózdzek, ulokowany w tylnej części podstawy mózgu. Mózdzek, podobnie jak mózg, ma budowę płatową. Ma charakter pierwotny, jego struktura nie zmieniła się od milionów lat ewolucji (Greenfield 1998, s. 33). Kontroluje układ ruchu, zawiaduje też automatyzacją takich czynności, jak jeżdżenie na rowerze czy pisanie na maszynie.

Mózg zbudowany jest z dwóch półkul mózgowych: lewej i prawej. Znajdują się one wraz z korą mózgową na szczycie układu limbicznego, odpowiedzialnego za sterowanie uczuciami i seksualnością oraz pełniącego istotną funkcję w procesie zapamiętywania. Lewa półkula odgrywa ważną rolę w posługiwaniu się językiem, logiką i zdolnościami matematycznymi oraz w porządkowaniu elementów, czyli w przyswajaniu tzw. wiedzy akademickiej. Prawa półkula (Dryden, Vos 2000, s. 125) odpowiada za czynności związane z rytmem, rytmami, muzyką, obrazami i wyobraźnią, czyli za działania twórcze. Obie półkule łączy ciało modzelowate⁵ – system nieustannie utrzymujący równowagę pomiędzy wchodzącymi do niego informacjami. Łączy on abstrakcyjny obraz z konkretną informacją. Na każdej półkuli mózgowej wyróżnia się trzy powierzchnie: wypukłą, przyśrodkową i podstawę mózgu. Są one poroździelane bruzdami i szczelinami. W każdej półkuli są cztery płaty: czołowy, znajdujący się najbardziej w przodzie; ciemieniowy, znajdujący się u góry, pod kośćmi ciemieniowymi; skroniowy, położony pod kośćmi skroniowymi; potyliczny, położony najbardziej ku tyłowi (Sylwanowicz i in. 1990, s. 68).

Kora mózgową wchodzi w skład płaszczu mózgu. Płaszcz składa się z istoty białej pokrytej od zewnątrz istotą szarą. Ma około 30 milimetrów grubości. Składa się z sześciu warstw. Każda z nich pełni inne funkcje. „Mimo że kora stanowi zewnętrzną

⁵ Funkcjonowanie ciała modzelowatego, wewnętrznej „linii środkowej” (*corpus callosum*), jest bardzo ważne dla skutecznej współpracy lewej i prawej półkuli mózgu. Stanowi go skomplikowana wiązka włókien nerwowych, które rozwijają się w niemowlęctwie, kiedy dziecko zaczyna wykonywać ruchy naprzemiennie podczas pełzania i raczkowania. Jak twierdzą Denison i Denison (2003, s. 66), autorzy podręcznika do kinezylogii edukacyjnej, system „ten pozwala na synchronizację i integrację informacji tak, aby obie półkule mózgowe mogły harmonijnie współpracować przez całe życie”.

część półkul mózgowych, jest dobrze chroniona, w pierwszym rzędzie przez dosyć grubą, około półcentymetrową warstwę skóry oraz kość czaszki, a następnie przez trzy opony: zewnętrzną oponę twardą, pajęczą oraz mięką. Ścisłe ochronną funkcję spełnia opona twarda. Pajęczynówka z kolei tworzy wiele wypustek umożliwiających powstanie przestrzeni między oponą pajęczą i mięką. W przestrzeni owej znajduje się płyn mózgowo-rdzeniowy, co zapewnia mózgowi dodatkowe zabezpieczenie poprzez automatyzację hydrauliczną” (Kaczmarek 1994, s. 31). Kora mózgu stanowi największą część mózgowia. Zarządza ona analizą informacji zmysłowych oraz organizacją złożonych ludzkich zachowań (Kalat 2020, s. 103).

Zdaniem Wolskiej na szczególną uwagę zasługuje okolica przedczołowa mózgu. Jak podaje autorka, część „ta słabo wyodrębnia się u niższych ssaków, osiągając znaczny rozwój u naczelnych i najpełniejszy u człowieka” (Wolska 2000, s. 24). Okolica ta zajmuje trzy czwarte płata czołowego, a dzięki istnieniu licznych połączeń aferentno-eferentnych z „innymi częściami kory mózgowej i jądrami wzgórza neurony tej okolicy odbierają cały zespół impulsów biegnących od innych, nieraz odległych, korowych i podkorowych formacji oraz oddziałują regenerująco na inne okolice kory mózgowej” (Wolska 2000, s. 25). Płaty czołowe człowieka charakteryzują się najbardziej wydłużonym czasem rozwoju. Są funkcjonalnie połączone z resztą mózgu dopiero w okresie dojrzewania. Zdaniem Spitzera (2007, s. 170–171) zjawisko to jest związane z procesem mielinizacji: „W chwili narodzin zmielinizowane są pierwotne okolice czuciowe i ruchowe, a więc obszary kory mózgowej odpowiadające za pierwsze przetwarzanie informacji wzrokowych, słuchowych i dotykowych oraz wykonywanie ruchów. Dzięki temu noworodek może zdobywać pierwsze doświadczenie, ale nie jest jeszcze w stanie przetwarzać informacji na głębokim poziomie. Następnie ulegają mielinizacji obszary wtórne, a dopiero pod koniec rozwoju, mniej więcej w okresie dojrzewania (a nawet i później!), powstają osłonki mielinowe na połączeniach korowych prowadzących do obszarów korowych najwyższego rzędu w płacie korowym”.

Kora czołowa mózgu jest odpowiedzialna za planowanie działań, wybieranie i hamowanie reakcji, kontrolowanie emocji, podejmowanie decyzji. Pola położone przed płatem czołowym uczestniczą w spełnianiu funkcji intelektualnych, okolice u jego podstawy hamują emocje, natomiast te leżące powyżej ciała modelowanego przydają doświadczeniom zmysłowym człowieka zabarwienia emocjonalnego (Greenfield 1998, s. 35). Słowem, w płatach czołowych reprezentowany jest kontekst zachowań człowieka. Poza tym, jak wskazuje Spitzer, obszar nadczołowy kory czołowej, najsilniej połączony z jądrami migdałowatymi i układem dopaminergicznym, odpowiada za pamięć roboczą, hamowanie, kontekst, pokonywanie czasu, zachowania społeczne. Wszystkie wymienione funkcje tego obszaru związane są z wartościowaniem, magazynowane są tu bowiem reprezentacje ocen. Te z kolei umożliwiają człowiekowi właściwe odnalezienie się w świecie (Spitzer 2007, s. 234–237). W płatach ciemieniowych zlokalizowane są ośrodki odbierające sygnały spoza mózgu, takie jak wrażenia dotyku, bólu, temperatury (w przedniej części) i ośrodki kojarzeniowe (w tylnej części),

w których dokonuje się integracja docierających informacji czuciowych. Obszar ten odpowiedzialny jest za zaangażowanie w widzenie i zapamiętanie miejsca przedmiotów, orientowanie się w przestrzeni (Greenfield 1998, s. 35). Zdolność ta nosi nazwę reprezentacji przestrzennej. Poza tym w płacie ciemieniowym gromadzi się wiedza na temat liczb i stosunków między nimi (Blakemore, Frith 2008, s. 55–57). W płatach skroniowych mieszczą się liczne, współdziałające ze sobą funkcje mózgu, związane ze zmysłem słuchu, mową i pamięcią. Są one odpowiedzialne za wszechstronne rozwiązywanie problemów, w tym za wydobywanie wspomnień. Płaty te uczestniczą także w jednym z etapów procesu rozpoznawania twarzy (szczególnie wzdłuż określonych krawędzi) (Greenfield 1998, s. 29; Blakemore, Frith 2008, s. 75). W płatach potylicznych zlokalizowane są pola wzrokowe, umożliwiające świadomą percepcję wzrokową otaczającego świata (Greenfield 1998, s. 35; Wolska 2000, s. 37).

Analiza budowy mózgu człowieka nasuwa co najmniej dwie uwagi. Po pierwsze, jak twierdzi Arbib, niektóre okolice mózgu są wyraźnie wyodrębnione (np. mózdzek), inne zaś stopniowo się przenikają (np. granice pól mózgowych). Po drugie, różne są kształty i położenia pól mózgowych u różnych osób, takie jak: czuciowe, wzrokowe, słuchowe, węchowe (Arbib 1977, s. 66; Bochenek, Reicher 2002, s. 37). Oczywiście struktura mózgu i funkcjonowanie jego poszczególnych części (odrębnie i w powiązaniu z innymi) są o wiele bardziej skomplikowane. Nie do końca też rozpoznano wszystkie jego mechanizmy. Coraz częściej jednak zwraca się uwagę na konieczność łącznego podejścia do mózgu i uczenia się – mózgu i umysłu. Budowa mózgu i jego właściwości na danym etapie rozwoju człowieka (dziecka) są związane z podejmowaniem przez niego danego typu uczenia się, uruchamianiem określonego rodzaju myślenia, pamięci, kierowaniem na dane obiekty uwagi itp.

ODBIÓR/TRANSMISJA, PRZETWARZANIE I ZAPAMIĘTYWANIE INFORMACJI

Do struktur poznawczych⁶ człowieka bardzo szybko dochodzi wiele różnorodnych informacji. Na niektóre z nich podmiot reaguje, w w przypadku innych odracza reakcje lub w ogóle nie reaguje. Mogą one zatem – zgodnie z koncepcjami rozwoju poznawczego człowieka – decydować o przystosowaniu organizmu do zmiennego środowiska, a także wpływać na jego relacje ze środowiskiem społecznym oraz być odpowiednio przetwarzane i wykorzystywane. Te trzy podejścia przeanalizowali Bryant i Colman

⁶ Definiując system poznawczy człowieka, Schaffer porównał go do komputera. Wyróżnił w nim struktury i procesy. Struktury poznawcze porównał do klocków, z których zbudowany jest system poznawczy. Zaliczył do niego: rejestrator sensoryczny, magazynowanie krótkotrwałe, magazynowanie długotrwałe. Struktury „tych jest stosunkowo niewiele. Ponadto mają one charakter trwałe i nie zmieniają się ani w wyniku rozwoju, ani z jednej sytuacji na drugą. Mają także charakter uniwersalny i stanowią element wyposażenia psychologicznego każdej istoty ludzkiej. Stanowią

(zob. Meadows 1997, s. 38–40, 45). Badacze powołali się na teorie Piageta i Wygotskiego. Odnosząc się do teorii Piageta, nawiązali m.in. do zjawisk asymilacji i akomodacji w procesie adaptacji jednostki do środowiska. Omówiono więc proces włączania nowych informacji w już istniejące struktury poznawcze oraz ich modyfikację w wyniku napływu nowych informacji. Powołując się na teorię Wygotskiego, autorzy m.in. zwrócili uwagę na różnorodne środowisko społeczne, które ma wpływ na kształtowanie się u jednostki kompetencji poznawczych. Ponadto podkreślili fakt pełnienia przez dorosłych funkcji przewodników i nauczycieli wobec dzieci, którzy uczą ich w ten sposób odpowiednich form zachowania oraz pobudzają ich nowe sprawności.

Mózg człowieka dysponuje wieloma modelami i strategiami przetwarzania informacji. Są one nieustannie rozwijane i doskonalone. „Dzieci w miarę dorastania stają się coraz bardziej sprawne w stosowaniu różnorodnych strategii, które pomagają im na każdym etapie zapamiętywania – kodowania, przechowywania i przypominania informacji” (Schaffer 2006, s. 277). Strategie te są stosowane celowo, a dzieci same je wymyślają. Są wśród nich: bezgłośnie powtarzanie informacji, organizowanie informacji (nadawanie im bardziej znanej formy), przepracowywanie informacji (tworzenie między nimi powiązań); wybiórcze zwracanie uwagi na informacje, które później mają być przywołane (uwaga selektywna); odzyskiwanie informacji (szukanie sposobów na zachowanie informacji jako użytecznych do zastosowania w późniejszym czasie) (Schaffer 2006, s. 278).

Wraz z wiekiem wzrasta liczba informacji odbieranych przez rejestrator sensoryczny oraz prędkość, z jaką działają różne części aparatu poznawczego, a także zwiększa się zakres wiedzy zdobywanej dzięki nowym doświadczeniom, która ułatwia lub opóźnia przetwarzanie informacji. Rozwija się też zdolność do odbierania kilku aspektów bodźców jednocześnie (a nie tylko jednego) i łączenia ich w jedno doświadczenie (Schaffer 2006, s. 250). Niektóre z nich stanowią dla człowieka wartość priorytetową, użyteczną – w perspektywie własnego działania. Zdaniem Ingardena dzieje się tak za sprawą rozumiejącego spostrzegania, czyli procesu poznawczego, w którym podmiot nie traci kontaktu z przedmiotem, a zarazem wykracza poza proste „gapienie się”. „Proces rozumiejącego spostrzegania dokonuje się na podstawie wcześniejszych spostrzeżeń i orzekań, jest ich wynikiem (*resumé*) i jest przez nie umotywowany” (Ingarden 1972, s. 105). Rozumiejące spostrzeganie jest uwarunkowane przez pewne

one hardware [inaczej komponenty fizyczne – B.O.K.] umysłu, a ich cechy stawiają pewne ograniczenie co do typu oprogramowania, jakie może być użyte w systemie poznawczym jednostki (...). Procesy są analogiczne do software’u komputerowego – oprogramowania wymaganego do uruchomienia systemu. W przeciwieństwie do struktur, są one liczne i różne w rozmaitych grupach wiekowych oraz inne u poszczególnych ludzi. Także dostosowują się do wszelkich okoliczności, w jakich znajdzie się jednostka” (Schaffer 2006, s. 248–249). Autor wyróżnił procesy kontrolowane (wysiłkowe) i automatyczne (bezwysiłkowe). Procesy kontrolowane opisał jako te, które wymagają od człowieka całej uwagi – są one powolne, żmudne i zajmują sporo „przestrzeni poznawczej” w przeciwieństwie do procesów automatycznych, zachodzących szybko, bez trudu, dotyczących znanych, wyćwiczonych i zwykłych procedur.

sądy, do których człowiek doszedł wcześniej przez to, co w orzekaniu sprecyzował i co przy aktualnym spostrzeganiu musi mieć pod ręką czy w zasięgu tego, czym dysponuje, spostrzegając, oraz co musi i może zaktualizować, aby spostrzeganie uczynić rozumiejącym (Ingarden 1972, s. 106).

Również zdaniem Łukaszewskiego każda informacja włączana jest do systemu doświadczeń jednostki, pod warunkiem że może być odniesiona do jego treści⁷. Autor pisze m.in. o dwóch innych aspektach roli informacji w procesie zachowania. Po pierwsze, pobranie nowej informacji nie oznacza zastąpienia tej już posiadanej, lecz wzbogacenie systemu oraz zmianę stopnia pewności jednej z informacji. To zaś pociąga za sobą dalszą ich reorganizację. Po drugie, określone zachowanie się człowieka zostaje uruchomione i podtrzymane wtedy, gdy są ze sobą konfrontowane co najmniej dwie informacje dotyczące tego samego stanu rzeczy, powstające w wyniku rozbieżności. Widać to najczęściej w przypadku ciekawości poznawczej (Łukaszewski 1979, s. 121).

Informacje są przechowywane przez człowieka zgodnie z ustalonymi regułami w pamięci krótkotrwałej i długotrwałej, w jej różnych systemach: proceduralnym, semantycznym, epizodycznym (Kurcz 1995, s. 62). Jak twierdzi Kurcz (1995, s. 62), te trzy systemy pamięci można powiązać z różnymi poziomami świadomości:

- 1) system pamięci epizodycznej z najwyższym poziomem świadomości (samoświadomości), czyli ze świadomością autoneotyczną (wiem, że wiem),
- 2) system pamięci semantycznej z poziomem świadomości neotycznej (wiem),
- 3) system pamięci proceduralnej z poziomem świadomości anoetycznej (nie wiem), przy czym ten typ pamięci przejawia się tylko w motorycznych reakcjach organizmu.

Dla problematyki podjętej w niniejszym opracowaniu istotne znaczenie mają także dalsze uwagi Kurcz dotyczące różnych rodzajów i właściwości systemów pamięci, czyli systemów organizacji informacji. Autorka wskazuje na formę informacji w systemie pamięci semantycznym i epizodycznym. Jej zdaniem stanowią je sądy podmiotu i cechuje je znacznik prawdziwości – mogą być prawdziwe lub fałszywe. Sądy, tak jak inne terminy używane przez różnych autorów, np. takie jak idee, fakty, reguły, skrypty itp., odpowiadają jednostkom organizacji informacji w systemie semantycznym pamięci. Tworzą one wiedzę ludzką o świecie mającą charakter pozczasowy i pozaiosobisty. Z kolei w systemie epizodycznym system informacji ma charakter czasowy. Jego elementy, czyli zdarzenia z przeszłości jednostki, stanowią bazę dla tworzenia się jej tożsamości. Mają cechy świadczące o dokonywaniu się w określonym czasie i miejscu subiektywnego przeżycia. System pamięci epizodycznej odnosi się zatem nie tyle do świata, ile do danej jednostki (Kurcz 1995, s. 62–63).

⁷ Podobnie uważa Spitzer. Poza tym autor ten widzi szerokie perspektywy w zakresie uczenia się przez ludzi przez całe życie. Jego zdaniem im więcej człowiek już wie, tym lepiej może połączyć nowe treści z tymi, którymi już dysponuje. Co więcej, wiedza „może pomóc w strukturalizowaniu, porządkowaniu i umacnianiu nowej wiedzy” (Spitzer 2007, s. 203).

ZAKOŃCZENIE

Kozielecki w strukturze myślenia, procesu nieodłącznie związanego z przetwarzaniem informacji, wyróżnił trzy podstawowe składniki: informacje o świecie, operacje i reguły. Informacje potraktował jako materiał dla myślenia, operacje – jako transformacje umysłowe służące przetworzeniu materiału myślenia, a reguły (metody, taktyki, strategie) – jako element zabezpieczający uporządkowany tok kolejnych operacji (Kozielecki 1992, s. 96).

Zdaniem Spitzera można z całą pewnością stwierdzić, że odbiór i przetwarzanie informacji przez człowieka jest pracą zarówno „na jawie”, jak i w fazie snu REM głównie za sprawą ciała migdałowatego – hipokampu, który przekazuje określone informacje do kory mózgowej do dalszego ich przetwarzania i w konsekwencji do zapamiętania. Na jego funkcjonowanie oddziałują także emocje, jakich uczeń doznaje w procesie uczenia się. Dobry nastrój wpływa na efektywne uczenie się, natomiast stres – przeciwnie. Hormony stresu (glukokortykoidy) zdaniem autora niekorzystnie oddziałują na neurony, a zwłaszcza na neurony hipokampu. Nie tyle prowadzą do ich śmierci, ile zwiększają toksyczność neuroprzekaźnika – glukoaminianu. Powodują też „zwiększone zapotrzebowanie na energię i jednocześnie zmniejszają dostępność tej energii dla neuronów. (...) Wygląda na to, że przewlekły stres doprowadza neurony hipokampu do granic wytrzymałości i w dłuższym czasie może powodować obumieranie komórek. Toteż stres jest niekorzystny dla uczenia się i zapamiętywania” (Spitzer 2007, s. 130).

Wskazane w niniejszym opracowaniu aspekty odbioru, przetwarzania i zapamiętywania informacji wiążą się z funkcjonującym w psychologii pojęciem schematu. Schematy, czyli ogólna wiedza o zdarzeniu lub przedmiocie, która powstała na podstawie wcześniejszych doświadczeń (inaczej określane jako reprezentacje, przedwiedza), umożliwiają przyporządkowywanie spostrzeganych bodźców oraz przedstawianie zależności między informacjami. Są magazynowane przez pamięć deklaratywną i stanowią złożone jednostki wiedzy deklaratywnej (Mietzel 2002, s. 219–222).

Schematem dla uczniów, którzy zadają pytania lub coś stwierdzają, może zatem być wiedza o tym, czy nauczyciel bierze te wypowiedzi pod uwagę czy też nie oraz jakie to ma znaczenie dla procesu kształcenia, w tym ich uczenia się. Na tej podstawie mogą formułować wnioski, np. odnośnie do tego, czy warto czy też nie zadać pytanie, wypowiedzieć swoją opinię, czy warto wiedzieć czy nie... (?). Kwestia ta dotyczy wszystkich uczniów, w tym tzw. uczniów o specyficznych problemach edukacyjnych, dla których – tak jak i dla pozostałych uczniów – ważne jest dostosowanie warunków i wymagań edukacyjnych do możliwości rozwojowych, wykorzystanie potencjału rozwojowego oraz zaplanowanie profesjonalnych, wysokospecjalistycznych działań pomocowych, ukierunkowanych na wsparcie jednostki w biegu życia (Skibska 2017, s. 9).

BIBLIOGRAFIA

- Arbib M.A. (1977). *Mózg i jego modele*. Warszawa: PWN.
- Blakemore S.-J., Frith U. (2008). *Jak uczy się mózg*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Bochenek A., Reicher M. (2002). *Anatomia człowieka* (T. 4). Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Bowers J.S. (2016). The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, 123(5), s. 600–612. DOI: <https://doi.org/10.1037/rev0000025>
- Denison P.E., Denison G. (2003). *Kinezylogia edukacyjna dla dzieci. Podstawowy podręcznik kinezylogii edukacyjnej dla rodziców i nauczycieli dzieci w każdym wieku*. Warszawa: Międzynarodowy Instytut Neurokinezylogii, Rozwoju Ruchowego i Integracji Odruchów.
- Dryden G., Vos J. (2000). *Rewolucja w uczeniu*. Poznań: Wydawnictwo Moderski i S-ka.
- Greenfield S. (1998). *Tajemnice mózgu*. Warszawa: Diogenes, Świat Książki.
- Hasło: Mózg. W: *Wielki Słownik Języka Polskiego*. Pobrane z: https://wsjp.pl/index.php?id_hasla=20866&id_znaczenia=4290634&l=19&ind=0 (dostęp: 1.11.2020).
- Ingarden R. (1972). *Z teorii języka i filozoficznych podstaw logiki*. Warszawa: PWN.
- Kaczmarek B. (1994). *Mózg, język, zachowanie*. Lublin: Wydawnictwo UMCS.
- Kaczmarek L. (1997). Biologia molekularna przetwarzania informacji przez komórki nerwowe. W: T. Górka, A. Grabowska, J. Zagrodzka, M. Brzyska (red.), *Mózg a zachowanie* (s. 9–23). Warszawa: PWN.
- Kalat J.W. (2020). *Biologiczne podstawy psychologii*. Warszawa: PWN.
- Kojs W. (1994). *Działanie jako kategoria dydaktyczna*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Korab K., Borowiecka R., Petrykiewicz E. (red.). (2008). *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Kozielecki J. (1992). Myślenie i rozwiązywanie problemów. W: A. Grabowska, W. Buhodorska, J. Kozielecki, *Percepcja, myślenie, decyzje* (s. 91–154). Warszawa: PWN.
- Kozłowski W. (2006). *Cele i osiągnięcia w uczeniu się*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Kurcz I. (1995). *Pamięć, uczenie się, język*. Warszawa: PWN.
- Longstaff A. (2005). *Neurobiologia. Krótkie wykłady*. Warszawa: PWN.
- Łukaszewski W. (1979). Psychologiczne podstawy popularyzacji wiedzy. W: W. Okoń (red.), *Teoria i praktyka upowszechniania wiedzy* (s. 104–125). Warszawa: Wiedza Powszechna.
- Meadows S. (1997). Rozwój poznawczy. W: P.E. Bryant, A.M. Colman (red.), *Psychologia rozwojowa* (s. 37–59). Poznań: Zysk i S-ka.
- Mietzel G. (2002). *Psychologia kształcenia. Praktyczny podręcznik dla pedagogów i nauczycieli*. Gdańsk: GWP.
- Schaffer H.R. (2006). *Psychologia dziecka*. Warszawa: PWN.
- Skibska J. (2017). Wstęp. W: J. Skibska (red.), *Diagnoza interdyscyplinarna. Wybrane problemy* (s. 9–10). Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Spitzer M. (2007). *Jak uczy się mózg*. Warszawa: PWN.
- Sylwanowicz W., Ramotowski W., Michajlik A. (1990). *Anatomia i fizjologia człowieka*. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich.

- Szkiładź H., Bik S., Pakosz B., Szkiładź C. (red.). (1979). *Słownik języka polskiego* (T. 2). Warszawa: PWN.
- Thomas M.S.C., Ansari D., Knowland V.C.P. (2018). Educational neuroscience: progress and prospects. *Annual Research Review*, 60(4), s. 477–492. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>
- Wolska A. (2000). *Mózgowa organizacja czynności psychicznych. Skrypt dla studentów humanistycznych studiów uniwersyteckich*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.