

Celestyna Grzywniak

PODSTAWY NEUROBIOLOGII W UCZENIU SIĘ U DZIECI MŁODSZYCH

Abstract

The purpose of this article is attracting attention to new reports relevant to learning processes, and initiating a discussion about the impact of cross-lateralization, including the domination of the left eye and ear, on learning processes. The second part of the article discusses the specific character of sensitive periods appearing in the course of a child's development and the age of a child at which they appear. Each of these periods has been characterized in a succinct manner. Taking advantage of this knowledge in upbringing and teaching children, and, above all, in pedagogical therapy and psychotherapy, would be important in modern school. Finally, the author proposed creating a new sub-discipline of pedagogy, called *neuropedagogy*, which would be dealing with taking advantage of the knowledge of brain stimulation and its functioning in pedagogical therapy and psychotherapy, and also in teaching children and youths.

Key words: cross-lateralization, domination of the left eye, domination of the left ear, learning processes, sensitive periods in the development of a child, neural networks, neuropedagogy, domination of one side of the body

Słowa kluczowe: lateralizacja skrzyżowana, dominacja lewego oka, dominacja lewego ucha, procesy uczenia się, okresy wrażliwe w rozwoju dziecka, sieci neuronowe, neuropedagogika, dominacja jednej strony ciała

WPROWADZENIE

Obecnie w szybkim tempie wzrasta liczba dzieci, u których występują deficyty rozwojowe utrudniające uczenie się już na początkowym etapie nauczania. Prowadzi to do powstania wczesnych niepowodzeń szkolnych i poczucia niedowartościowania. Dzieci te potrzebują specjalistycznego oddziaływania nauczyciela i pedagoga. W ostatnim czasie dokonano wielu nowych odkryć w neurobiologii i neuropsychologii dotyczących procesów uczenia się i poznawania otaczającej rzeczywistości, które można by wykorzystać w procesie nauczania dzieci. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na nowe doniesienia dotyczące procesów uczenia się oraz podjęcie dyskusji nad wpływem lateralizacji skrzyżowanej, w tym dominacji lewego oka i ucha na procesy uczenia się. Bada-

nia A. Tomatisa i K. Johansena pokazują, że dominacja ucha pełni ważną rolę w nauce pisania, czytania, koncentracji i rozwoju mowy oraz emocji. W drugiej części artykułu omówione zostaną okresy wrażliwe w rozwoju dziecka, podana zostanie ich definicja, specyfika i wiek dziecka, w jakim się pojawiają. Wykorzystanie tej wiedzy w wychowaniu i uczeniu dzieci, a przede wszystkim w terapii pedagogicznej i psychoterapii byłoby ważne w nowoczesnej szkole. Na zakończenie autorka proponuje utworzenie nowej subdyscypliny w pedagogice zwanej neuropedagogiką, która zajmowałaby się wykorzystywaniem wiedzy o stymulacji mózgu i jego funkcjonowaniu w terapii pedagogicznej i psychoterapii oraz w nauczaniu dzieci i młodzieży.

1. ROLA LATERALIZACJI JEDNORODNEJ I SKRZYŻOWANEJ W PROCESIE UCZENIA SIĘ

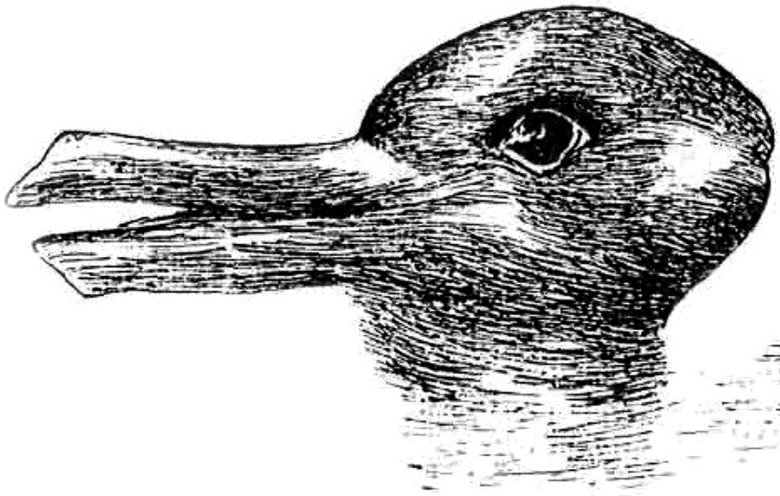
Problem lateralizacji opisał już w swojej koncepcji A. Łuria. **Lateralizacja** — inaczej „stronność” — to asymetria czynnościowa prawej i lewej strony ciała ludzkiego, która wynika z różnic w budowie i funkcjach obu półkul mózgowych. Wyraża się np. większą sprawnością ruchową prawych kończyn od lewych, a także rejestrowaniem przez mózg większej liczby bodźców zmysłowych z prawej strony ciała. Dziecko przychodzi na świat z pewnym przekazem genetycznym dotyczącym między innymi lateralizacji. Dziedziczny pewien typ dominacji po rodzicach lub dziadkach zgodnie z prawem Mendla. Lateralizacja ujawnia się stopniowo i jest postępującym procesem, kształtującym się wraz z wiekiem i ogólnym rozwojem ruchowym dziecka. Za określoną stronność ciała odpowiada przeciwległa półkula mózgowa.

Wiedza na ten temat została rozwinięta poprzez liczne eksperymenty różnych naukowców, a zwłaszcza przez R. Sperego i jego zespół. Pomiedzy półkulami mózgowymi występuje niewielkie zróżnicowanie strukturalne i anatomiczne, ale półkule różnią się pod względem pełnionych funkcji. Względem siebie pełnią rolę dopełniającą i uzupełniającą. Półkula lewa u 96% osób praworęcznych zawiera ośrodki mowy, rozumienia mowy i jej nadawania i jest dominująca. Ma związek ze świadomością i logiką, dokonuje analiz, prostych obliczeń matematycznych. Daje bezzwłoczne odpowiedzi słowne i kontroluje funkcje wykonawcze. Lewa półkula odbiera i odpowiada na jeden bodziec. Półkula niedominująca jest związana głównie z wyobraźnią przestrzenną, postrzeganiem trójwymiarowym i wyobraźnią niewerbalną wykorzystywaną podczas malowania, tworzenia muzyki i poezji. Prawa półkula nie wykazuje związku ze świadomością, a poprzez większe połączenia z układem limbicznym specjalizuje się również w emocjach oraz działaniach potrzebnych do przeżycia w stanach zagrożenia, lustruje otoczenie i decyduje, kiedy przenieść uwagę na bodziec, który stał się ważny. Rozpoznaje także nastrój oraz melodię i ton emocjonalny zawarty w głosie. Często lewa półkula nazywana jest półkulą językową, komunikatywną, racjonalną, czyli opiera się na logicznym myśleniu, analityczną i liniijną co znaczy, że dokonuje analizy dostarczonego materiału krok po kroku, podczas gdy prawa jest artystyczna, emocjonalna, przestrzenna, holistyczna, a więc ujmuje bodźce w pewną całość, dokonuje wglądu oraz przebiegają w niej procesy intuicji¹. Dominacji podlega także zmysł wzroku, słuchu oraz motoryka

¹ A. Kędzia, *Budowa i funkcje układu nerwowego*, [w:] *Neurokinezyjologiczna diagnostyka i terapia dzieci z zaburzeniami rozwoju psychoruchowego*, red. L. Sadowska, Wydawnictwo AWF, Wrocław 2001;

ręki i nogi. Jednak przedstawione funkcje półkul mózgowych nie są tak jednoznaczne, jak przedstawiła je autorka, gdyż we wszystkich omawianych procesach biorą udział obydwie półkule mózgowe. Jednak często w jednej procesy te przeważają, a druga je wspomaga. W literaturze procesy te omawia się z dużym uproszczeniem ze względu na skomplikowany ich przebieg.

Według Longstaffa² dominacja oka polega na intensywniejszym reagowaniu na pobudzenie docierające z tego narządu. Do tego dodałabym, że oko lewe i prawe widzi ten sam przedmiot trochę pod innym kątem. Oko dominujące ma szerszy kąt widzenia. Ma to duże reperkusje w praktyce. **Łuria³ uważa, że w przypadku zmysłu słuchu impuls z ucha dominującego biegnie szybciej i jest silniejszy. Wyprzedza on impuls docierający do ośrodka korowego słuchowego kory pierwszorzędowej niedominującej.** Być może tak również jest w przekazie impulsu nerwowego z oka dominującego do ośrodków korowych wzrokowych kory pierwszorzędowej. Na podstawie tej analizy teoretycznej można wyciągnąć wniosek, że to co spostrzega oko dominujące jest szybciej przekazywane do ośrodków korowych i spostrzeganie ma większy kąt i zasięg, co może mieć istotny wpływ na to co spostrzegamy. Dowodem tego może być krótki test przedstawiony poniżej⁴.



Ryc. 1. Kaczka-zajac

Źródło: R. Meyer, *Poradnik dla leworęcznych*, Interster S.A., Warszawa 1995, s. 51.

S. Konturek, *Neurofizjologia człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 1998; K. Walsh, *Neuropsychologia kliniczna*, PWN, Warszawa 2000; G.N. Martin, *Neuropsychologia*, PZWL, Warszawa 2001; A. Grabowska, *Asymetria półkul mózgowych*, [w:] *Mózg a zachowanie*, red. T. Górską, A. Grabowska, J. Zagrodzka, PWN, Warszawa 2000.

² A. Longstaff, *Neurobiologia*, PWN, Warszawa 2009, s. 202.

³ A.R. Łuria, *Podstawy neuropsychologii*, PZWL, Warszawa 1976; A. Łuria, *Zaburzenie wyższych czynności korowych wskutek ogniskowych uszkodzeń mózgu*, PWN, Warszawa 1967.

⁴ R.W. Meyer, *Poradnik dla leworęcznych*, Interster S.A., Warszawa 1995.

Sposób przeprowadzenia testu: osoba czy dziecko zamyka oczy. Na stole w odległości 60 cm przed nim kładzie się rysunek Kaczka-zając i prosi się aby otworzyło oczy i bez zastanawiania powiedziało co widzi na rysunku. Osoby **prawooczne wymieniają najpierw kaczkę, a lewooczne zająca**. Następnie proszę starać się odwrotnie zobaczyć: osoby które widziały kaczkę nich zobaczą zająca i odwrotnie. Wtedy wyraźnie można poczuć ruch gałek ocznych zmieniający kąt widzenia. **Wydaje się, że to potwierdza, iż impulsy nerwowe są szybciej przekazywane od oka dominującego do ośrodków korowych i oko dominujące spostrzega trochę pod innym kątem i spostrzeganie ma większy kąt i zasięg.**

Pełnienie innych funkcji przez obie półkule mózgowie podyktowane jest prawdopodobnie przez nieco odmienną budowę anatomiczną, zdeterminowaną genetycznie. Specjalizacja półkul spowodowała wytworzenie się dominacji. Jeżeli dominuje lewa półkula, to dominują części ciała leżące po prawej stronie ciała, a więc ręka, noga, oko i ucho. Spowodowane to jest budową anatomiczną, a więc przejściem około 80% nerwów ze strony prawej na lewą na poziomie pnia mózgu, co daje w efekcie to, że lewa półkula przetwarza impulsy z prawego oka, prawego ucha i prawej ręki oraz nogi⁵.

Rozróżnia się dominację jednorodną czyli prawostronną lub lewostronną, następnie nieustaloną — uważaną za nieprawidłową oraz niejednorodną, zwaną inaczej skrzyżowaną. Jednak najlepszą i jedyłą, który nie ma negatywnych konsekwencji jest taka, w którym dominuje półkula zawierająca ośrodki mowy. Jak wcześniej pisałam — najczęściej jest to półkula lewa. Ta półkula powinna być również dominująca dla motoryki, a więc dla ręki i nogi, gdyż ośrodki kierowania ruchem leżą blisko ośrodków ruchowych mowy. Jako że nerwy na wysokości pnia mózgu ze strony prawej w większości, bo w 80%, przechodzą na lewą stronę, a więc z ręki, nogi, ucha i oka (w przypadku oka jest inaczej), to dlatego są one dominujące. Napięcie mięśniowe jest nieco większe po stronie dominującej i po tej stronie występuje też większa siła mięśniowa oraz sprawność motoryczna. **Zwiększone napięcie mięśniowe na całej jednej dominującej stronie ciała jest jak azymut**, który umożliwia szybkie odgadywanie kierunku — lewa czy prawa strona? — dobrą orientację w przestrzeni, odpowiednią koordynację ruchową całego ciała, współgranie prawej i lewej strony oraz górnej części ciała z dolną np. podczas tańca lub pływania. W przypadku dominacji ręki przeciwnej niż nogi napięcie mięśniowe rozkłada się nierównomiernie, dziecko traci swój naturalny azymut w różnieniu stron, a sprawność ruchowa jest mniejsza, na czym traci koordynacja ruchowa całego ciała. Słabsza jest orientacja w przestrzeni.

Podobnie jest z dominacją oka lewego. Dzieci te podczas patrzenia mają tendencję do odwrotnego kierunku analizowania przestrzeni, a więc od prawej do lewej strony. Dziecko wchodzi do pokoju i zaczyna spostrzegać od prawej strony do lewej, podczas gdy dziecko prawooczne dokonuje analizy od strony lewej do prawej. Podobnie jest podczas pisania i czytania, stawiania znaków graficznych, co jest przyczyną powstawania trudności szkolnych. Częściej zdarzają się im podczas pisania i czytania odbicia lustrzane w postaci zamiany liter i cyfr, np.: b/d, p/g, p/b, p/d, 6/9, czytanie i pisanie w odwrotnym kierunku, np. od/do, wór/rów, kot/tak, 14/41, 72/27, 69/96 itd., gubienie liter podczas pisania, dokonywanie ich rotacji, nauka czytania przychodzi z większymi

⁵ P. Jaśkowski, *Neuronauka poznawcza — jak mózg tworzy umysł*, Vizja Press&It, Warszawa 2009; B. Sadowski, *Budowa i czynności układu nerwowego z uwzględnieniem mechanizmów sterujących mową*, [w:] *Podstawy neuropedologii*, red. T. Gałkowski, E. Szela, G. Jastrzębowska, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole 2005.

trudnościami, dłużej utrzymują się błędy ortograficzne. U niektórych dzieci lewoocznych trudności te są nasilone i mogą utrzymywać się przez długi czas, u innych zaś mogą być niewielkie i po pewnym treningu zmniejszyć się⁶. Nauka czytania i pisanie może przebiegać dłużej i z pewnymi trudnościami.

Przy występowaniu dominacji ucha lewego sytuacja jest podobna. Impuls z ucha dominującego przesyłany jest najpierw do ośrodków w prawej półkuli mózgowej, gdzie następuje jego interpretacja pod względem zabarwienia emocjonalnego, intonacji, a dopiero potem poprzez ciało modzelowate do lewej półkuli i do ośrodków mowy oraz ośrodka Wernickiego czyli rozumienia mowy i dokonywania analizy i syntezy fonemowej, sylabowej, ich sekwencji. Impulsy słuchowe muszą przebyć dłuższą drogę, aby dotrzeć do ośrodków rozumienia mowy, a w praktyce trzeba więcej czasu, aby zrozumieć zawartość słów. Pamięć słuchowa funkcjonuje gorzej. Niejednokrotnie pojawiają się problemy z koncentracją, napięciem mięśniowym. Dzieci te napotykać duże trudności podczas nauki języków obcych. Nie rozumieją, gdy mówi się szybko, występują u nich trudności z wyróżnianiem głosek w wyrazach, a potem z ich analizą, syntezą i aliteracją. Później dochodzą problemy z ich zapisywaniem, gubieniem głosek, dziecko potrzebuje więcej czasu na wyróżnienie głosek w wyrazie, zrozumienie komunikatu skierowanego do niego, a także pojawiają się trudności z rozumieniem czytanego tekstu. Ośrodek słuchu fonemowego leżący w lewej półkuli słabiej funkcjonuje. Przyczyną tego jest to, że większa część impulsu z ucha dominującego biegnie najpierw do półkuli prawej i tam jest analizowany pod innym względem, a mianowicie pod względem prozodii, emocji zawartych w głosie, a dopiero po przejściu przez ciało modzelowate do ośrodków mowy w lewej półkuli, gdzie następuje analiza głoskowa i sylabowa. Powyższe problemy mogą występować z różnym nasileniem⁷.

2. NEURONAUKA I OKRESY WRAŻLIWE W ROZWOJU PSYCHOMOTORYCZNYM DZIECKA

Neuronauka jest nowym nurtem, który powstał w końcu XX wieku, często zastępowany obecnie terminem neurobiologia. M.S. Gazzanigi — pionier w tym zakresie — określił swą dziedzinę jako poznanie tego, jak mózg tworzy umysł. Zajmuje się ona między innymi budową sieci nerwowych, połączeniami nerwowymi z różnymi strukturami mózgu i ich odbudową w razie przerwania lub osłabienia. Neuronauka posługuje się terminem sieci nerwowe. Składają się na nie komórki nerwowe zwane neuronami,

⁶ J. Ayres, *Sensory Integration and Learning Disorders*, Western Psychological Services, Los Angeles 1986; Z. Przyrowski, *Podstawy diagnozy i terapii integracji sensorycznej*, [w:] *Podstawy diagnostyki i rehabilitacji dzieci i młodzieży niepełnosprawnej*, red. C. Szmigieli, Wyd. AWF, Kraków 2001; Z. Przyrowski, *Rozumiejąc integrację sensoryczną: znaczące kategorie integracji sensorycznej i związane z nią rozważania*, Biuletyn SI, Warszawa 2003, nr 1; V.F. Maas, *Uczenie się poprzez zmysły. Wprowadzenie do teorii integracji sensorycznej dla rodziców i specjalistów*, WSiP, Warszawa 1998; V.F. Maas, *Integracja sensoryczna a neuronauka — od narodzin do starości*, Fundacja Innowacja i Wyższa Szkoła Społeczno-Ekonomiczna, Warszawa 2007; C. Grzywniak, *Diagnostowanie rozwoju psychomotorycznego dziecka w nauczaniu zintegrowanym*, [w:] *Relacje i konteksty (w) edukacji elementarnej*, red. I. Adamek, M. Grochowska, E. Żmijewska, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków 2010.

⁷ A. Tomatis, *Ucho i śpiew*, Wydaw. UMCS, Lublin 1995; Niepublikowane materiały z kursu *Trening słuchowy K. Johansena*, tłum. K. Rychetsy, Korbielów 2010; E. Grzybowska, *Treningi słuchowe w terapii dziecka*, Biuletyn Integracji Sensorycznej, Warszawa 2008, nr 2.

które są ze sobą połączone za pomocą wypustek w postaci dendrytów i aksonów tworząc wielomilionowe rozgałęzienia w formie sieci czy kabli. Neurony w tych systemach mają zdolność reorganizowania się, tworzenia nowych połączeń i rozgałęziania się. Pod wpływem uczenia się i stymulacji komórka nerwowa tworzy nowe wypustki w postaci dendrytów i licznych synaps, za pomocą których łączy się z innymi w systemy, tworząc sieci neuronalne. Składają się one z trylionów połączeń nerwowych o różnych rozgałęzieniach. Pojedyncze sieci nerwowe mogą łączyć się z innymi sieciami umożliwiając ich integrację i tworząc wyższy poziom funkcjonowania. Im więcej rozgałęzień i połączeń synaptycznych, tym przekaz impulsu jest sprawniejszy i szybszy, a droga nerwowa silniejsza.

Pola kojarzeniowe w mózgu umożliwiają łączenie, koordynowanie i kierowanie wielorakimi obwodami nerwowymi, z którymi są połączone. Aby synapsy i wypustki komórki nerwowej nie zanikały bodźce płynące ze środowiska muszą być powtarzane. Ile razy? Jest to zależne od rodzaju sieci i innych czynników, takich jak: trwałość utrzymywania się połączeń i ich siła. Przekładając to na język praktyki można powiedzieć, że są osoby czy dzieci, które raz coś zobaczą, usłyszą lub przeczytają i zapamiętują na dłuższy czas. Natomiast inne osoby potrzebują wielokrotnych powtórzeń, aby zapamiętać daną kwestię. Pod wpływem stymulacji środowiskowej połączenia w sieciach nieustannie się zmieniają i kształtują. Ważne więc jest, aby środowisko było bogate w różnorodne bodźce, gdyż to buduje odpowiednią architekturę mózgu. **Uczenie się to też proces kształtowania sieci nerwowych, ich wzmocnienia, integrowania i tworzenia nowych połączeń.** Badania nad oddziaływaniem środowiska wzbogaconego na rozwój centralnego układu nerwowego wskazują, że zwierzęta żyjące w klatkach, w których miały do dyspozycji różne dzwignie, huśtawki, piłeczki i tory przeszkód itd., czyli żyły w środowisku wzbogaconym w różnorodne bodźce, miały więcej neuronów, połączeń synaptycznych, liczbę naczyń włosowatych i zwiększoną aktywność mitochondriów. Były bardziej ruchliwe, skore do zabawy i szybciej reagowały na zewnętrzną stymulację. Zwierzęta żyjące w środowisku ubogim w bodźce — czyli w pustych jednobarwnych klatkach — miały mniej połączeń synaptycznych i rozgałęzień oraz komórek nerwowych, a sieci neuronalne zdecydowanie uboższe, same zaś zwierzęta były nieskore do zabawy i oswiałe.

U ludzi środowisko wzbogacone daje różne możliwości uczenia się, nabywania nowych doświadczeń oraz umiejętności i poszerzania wiedzy. Neurony często stymulowane mogą rozrastać się i przystosowywać sąsiednie komórki układu nerwowego do swoich zadań. Sieci nerwowe rozwijają się podczas uczenia się i w efekcie różnych wyzwań środowiska. Psychoterapia lub inne formy terapii odpowiednio prowadzone będą środowiskiem wzbogaconym stymulującym powstanie nowych dendrytów, połączeń synaptycznych i ich integrację z systemem sieci neuronalnych oraz będą powodować reorganizację mózgu. Wszystkie formy terapii są skuteczne, jeżeli przyczyniają się do rozwoju i integracji układu nerwowego. Ma to szczególne znaczenie u dzieci, bowiem ich mózg jest plastyczny, dający się łatwo kształtować. W psychoterapii należy stworzyć takie środowisko, aby ponownie zintegrować sieci i wytworzyć wiele nowych połączeń. Neuronauka pomoże więc lepiej zrozumieć mechanizmy obronne, zniekształcenia spostrzeżeń, nieprawidłowości w uczeniu się i przyczyni się do stworzenia wielu nowych systemów terapeutycznych dostosowanych do wieku i zaburzeń. W neuronauce podkreśla się znaczenie okresów wrażliwych występujących w dzieciństwie oraz plastyczność mózgu, która jest większa we wcześniejszych latach życia

dziecka. W tych okresach dziecko powinno być wychowywane we wzbogaconym środowisku.

Według L. Cozolino⁸ okresy wrażliwe są to przedziały czasowe, w których określone sieci neuronowe szybciej wzrastają i tworzą więcej połączeń w tym okresie. Rozpoczyna się też intensywny proces synaptogenezy.

Synaptogeneza to proces tworzenia synaps, czyli połączeń pomiędzy komórkami nerwowymi. Sprawna synapsa pozwala na szybsze przekazywanie impulsów z komórki do komórki. Wynikiem procesu uczenia się jest powstawanie synaps, dzięki którym następuje przekaz impulsu nerwowego. Rozwijające się komórki wypuszczają też włókna zwane aksonami, by na ich końcach formować synapsy. Głównym mechanizmem komunikacji z komórki do komórki jest neuroprzebieżność receptorowa, zachodząca właśnie w synapsach. W synapsie odległość między komórkami jest bardzo mała: tworzy mikroszczelinę. Do szczeliny synaptycznej uwalniana jest z neuronu presynaptycznego substancja chemiczna (nazywana neuroprzebieżnikiem, mediatorem, neuromodulatorem lub neurohormonem), która przekracza ją i wiąże się z wyspecjalizowanym białkiem receptorowym błony komórki postsynaptycznej.

Substancje te zmieniają środowisko elektrochemiczne wewnątrz komórki postsynaptycznej, powodując pobudzenie i przekaz impulsu nerwowego do następnej komórki. Owe międzykomórkowe reakcje chemiczne przenoszą komunikaty z jednej komórki do drugiej. Połączenia nerwowe nigdy nie są przypadkowe; kształtują się pod kierunkiem ważnych genetycznych i środowiskowych czynników.

W miarę procesów różnicowania się i uczenia komórki nerwowe wypuszczają włókniste formy wypustek zwane dendrytami. Dendryty stają się powierzchnią recepcyjną, z którą inne neurony „szukają” kontaktu. Przez odgałęzienia tego dendrytycznego drzewa mogą do jednej komórki podłączyć się dziesiątki, a nawet setki innych. Gęstość dendrytycznego ugałęzienia wiąże się z częstotliwością i intensywnością wejściowych sygnałów. Jeśli poziom aktywacji jest wysoki, siatka dendrytów gęstnieje, co pozwala neuronowi odbierać, procesować i integrować złożone wzorce wejściowe, a to znowu podnosi poziom aktywacji i zwiększa możliwość uczenia się. Z kolei sygnały nerwowe docierające do każdego danego neuronu zależą często od złożoności i aktywności doświadczeń zmysłowych danej osoby czy dziecka. Gęstość dendrytów neuronu jest jedną z jego fizycznych cech, jakie w największym stopniu zależą od przeżyć i doświadczeń odbieranych z zewnątrz. Im więcej stymulacji zewnętrznej, tym bogatsza sieć neuronów, a więc impuls może być przekazywany przez różne sieci, co daje w rzeczywistości większą łatwość uczenia się, dokonywania analogii, lepszego rozumienia zjawisk, porównywania i poszerza perspektywę. Następnym ważnym procesem w rozwoju mózgu i w procesie uczenia się jest mielinizacja włókien nerwowych. Polega ona na tworzeniu się otoczki mielinowej wokół aksonów w postaci wyspecjalizowanych komórek glejowych, które umożliwiają neuronom dużo sprawniejsze przewodnictwo elektrochemiczne. Dzięki temu sieć nerwowa funkcjonuje szybciej i skuteczniej, pozwalając na realizowanie bardziej złożonych funkcji. Na przykład, chodzenie zależne jest od zmielinizowania neuronów w rdzeniu kręgowym, umożliwiających wystarczająco szybką regulację funkcjonowania neuromotorycznego. Proces mielinizacji zaczyna się w pierwszym roku życia i trwa przez całe dzieciństwo, kończąc się w okresie dojrzewania gwałtowną falą mielinizacji zachodzącą w kluczowych obszarach kory, jakimi są

⁸ L.J. Cozolino, *Neuronauka w psychoterapii*, Zysk i S-ka, Poznań 2004.

łaty czołowe. Obecne badania wskazują, iż mielinizacja komórek kory czołowej kończy się dopiero po 50. roku życia. Proces mielinizacji idzie w parze z procesem synaptogenezy, jednak ten ostatni intensywnie nie występuje po okresie dojrzewania.

W okresach wrażliwych następuje intensywny rozwój synaps i połączeń między nimi, co powoduje rozrost sieci neuronalnych, a to zbieżne jest z rozwojem zdolności i umiejętności organizacyjnych przez te sieci. W okresach tych uczenie się przebiega łatwiej i znacznie szybciej. S.J. Blakemore i U. Frith⁹ uważają, że w okresach wrażliwych mózg jest bardziej podatny na kształtowanie i modyfikację pod wpływem doświadczenia. W pewnych okresach życia mózg musi odebrać odpowiednie informacje ze środowiska, musi nastąpić odpowiednia stymulacja w określonym stadium rozwoju. Okresy te nie są sztywne i nieelastyczne. Należy jednak podkreślić, że występuje wówczas wyższy poziom metabolizmu, jest większy przepływ krwi przez daną strukturę w mózgu, następuje zwiększenie zużycia glukozy. Czas wystąpienia okresów wrażliwych jest różny dla poszczególnych systemów neuronalnych. Z tego powodu poszczególne umiejętności pojawiają się w różnym okresie. Uczenie się w okresach wrażliwych ma większy wpływ na kształtowanie się struktury neuronalnej i zachowanie, niż doświadczenie z okresów niewrażliwych¹⁰.

Okresy te są genetycznie zaprogramowane i występują w określonym wieku dziecka. Nowsze badania pokazują, że na kształtowanie sieci neuronalnych ma wpływ w dużej mierze doświadczenie i środowisko. To bodźce środowiskowe kształtują doświadczenie dziecka, a tym samym wpływają na powstanie nowych obwodów neuronalnych¹¹. Uczenie się, a więc kształtowanie sieci neuronalnych jest możliwe przez całe życie, ale w tych okresach jest ono szybkie i silne, a zwłaszcza w okresie przedwerbalnym. Toteż te sieci neuronalne trudno ulegają modyfikacji i doświadczenia z tego okresu wpływają na całe życie. Aby to zmienić trzeba zastosować specjalne techniki psychoterapeutyczne i dłuższy czas oddziaływania. Często techniki werbalne są mało skuteczne. Sięga się więc również po techniki wizualizacji, odgrywanie dramy, relaksację w połączeniu z innymi metodami terapeutycznymi.

Po ustąpieniu okresu wrażliwego dla odpowiednich umiejętności, synapsy nieużywane zaczynają powoli zanikać i sieć neuronalna zaczyna być coraz mniejsza i uboższa, aż może całkowicie zaniknąć. Często nazywa się to procesem przycinania synaps. Poza tym okresem uczenie się tych umiejętności jest trudniejsze i potrzeba dużo więcej czasu niż w okresach wrażliwych.

Jednym z pierwszych **okresów wrażliwych jaki się rozwija u dziecka jest wrażliwość na dotyk**. Zmysł dotyku pojawia się i rozwija przed wzrokiem i jest to pierwsza droga uczenia się, gdyż kontakt z noworodkiem odbywa się właśnie tą drogą. Przez dotyk kształtujemy poczucie bezpieczeństwa i wpływamy na rozwój emocji. Dlatego tak ważne jest głaskanie dziecka, tulenie i lekkie ściskanie oraz kołysanie. We wczesnym okresie rozwoju dotyk, głaskanie, obracanie i kołysanie są podstawą dalszego prawidłowego rozwoju psychomotorycznego. Przez kołysanie rozwija się układ przedsionkowy i połączenia pomiędzy nim a innymi układami. Układ przedsionkowy rozwija się dość wcześnie, bo już w 16. tygodniu życia i kiedy urodzi się dziecko gotowy jest do pracy.

⁹ S.J. Blakemore, U. Frith, *Jak uczy się mózg*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2008.

¹⁰ L. Cozolino, *Neuronauka...*

¹¹ E. Szelaąg, *Neuropsychologiczne podłoże mowy*, [w:] *Mózg a zachowanie*, red. T. Górka, A. Grabowska, J. Zagrodzka, PWN, Warszawa 2000.

Niemowleta, u których stale pobudza się układ przedsionkowy poprzez systematyczne kołysanie, lepiej się rozwijają, wcześniej rozwija się regularny cykl snu, sen jest też spokojniejszy. Nasze babcie doszły do tego intuicyjnie, dlatego stosowały dla swoich dzieci kołyski. Receptory układu dotykowego pokrywają całe ciało i przesyłają impulsy do różnych struktur układu nerwowego, wpływają w ten sposób na powstanie różnych połączeń nerwowych oraz wzmocnienie odpowiednich sieci neuronalnych w całym centralnym układzie nerwowym. Poczucie bezpieczeństwa i rozwój emocji wpływa na kształtowanie się osobowości. Dzieciństwo zubożałe w tulenie, głaskanie z miłości może doprowadzić nawet do śmierci lub do kształtowania się osobowości psychopatycznej i innej o nieprawidłowej strukturze. Rozwój emocjonalny wpływa na rozwój społeczny i jest podstawą prawidłowego rozwoju psychomotorycznego dziecka. Układ dotykowy musi rozwijać się wcześniej, gdyż na jego podstawie rozwijają się odruchy: dłoniowy, podeszwowy, ssania, szukania i Moro. **Następnym okresem wrażliwym jest rozróżnianie twarzy**¹². Niemowlę do 6. miesiąca życia bardzo dobrze rozróżnia różne rodzaje twarzy, potrafi rozróżnić nawet twarze małp, co dla dorosłych jest bardzo trudne. Jednak po 6. miesiącu życia zdolność ta stopniowo ulega pogorszeniu, natomiast dzieci coraz lepiej radzą sobie z rozróżnianiem twarzy ludzkich. Dzieje się tak dlatego, gdyż niemowlę ma głównie kontakt z twarzami ludzkimi. Jest to zgodne z odkryciem, że niemowleta są bardziej wrażliwe na twarze różnych gatunków. Gdyby niemowlak przebywał wśród małp lub innego gatunku lepiej rozróżniałby twarze małp lub tych, z którymi by obcował. Podobnie jest z rozróżnieniem mowy.

Istnieje też **okres wrażliwy dla kategoryzacji głosek**. Noworodek umie rozróżnić wszystkie głoski języków świata i jest bardziej wrażliwy na głoski, które pozwalają odróżnić jedno słowo od drugiego. W tym okresie potrafi rozróżnić subtelne różnice w każdym języku. Jednak potem zaczyna różnicować tylko te głoski, które pojawiają się w jego środowisku, z którymi ma styczność. Pod koniec 1. roku życia dziecko traci zdolność rozróżnienia głosek, które nie występują w otoczeniu, np. Japończycy nie potrafią różnicować głosek „r” i „l”, ponieważ nie występują w ich języku. Jednak badania Patrycji Kuhl z Uniwersytetu w Seattle (USA) pokazały, że japońskie niemowlaki do 10. miesiąca życia potrafią uchwycić tę różnicę. Zdolność ta po tym okresie zanika, gdyż nie stykają się z nimi w otoczeniu i tracą zdolność ich odróżniania. Gdyby japońskie niemowleta mieszkające w USA stale słuchały języka japońskiego, to zdolność ta zostałaby zachowana. Badania wskazały, że utrata różnicowania wszystkich głosek zachodzi między 8. a 13. miesiącem życia. Przed tym okresem niemowleta wychowywane np. w USA potrafią uchwycić różnice między pewnymi dźwiękami innego języka. Po tym okresie zdolność ta zanika. Dzieje się tak dlatego, że w centralnym układzie nerwowym tworzy się struktura fonologiczna pomiędzy połączeniami neuronalnymi, a nieużywane synapsy zanikają. Pozostają tylko te, które są wzmocnione przez ich używanie. Kiedy utworzy się struktura fonologiczna, to nauka innego języka bazuje już na tej gotowej strukturze, a więc nie ma już nauki od zera. Stąd drugi język często jest wymawiany z innym akcentem. E. Szelağ¹³ pisze, że w połowie 2. roku życia dziecka obszary mowy w lewej półkuli wchodzi w okres wrażliwy i mowa gramatyczna w lewej półkuli integruje się z interpersonalnymi i prozodycznymi elementami komunikacji, które wcześniej rozwijały się w prawej półkuli. W miarę dojrzewania ośrodków korowych słowa

¹² S.J. Blakemore, U. Frith, *Jak uczy się...*

¹³ E. Szelağ, *Neuropsychologiczne podłoże...*

łączą się ze sobą tworząc zadania. Dochodzi do utrwalenia się struktury neurologicznej języka, jego melodii, akcentu i rytmu.

Większość badań nad „okresem krytycznym” dotyczy możliwości nauki języków obcych przez dzieci, które wyemigrowały do innych krajów. Badania nad poprawnością opanowania drugiego języka u emigrantów wykazały, że zależy od wieku, w którym rozpoczęli naukę drugiego języka. Nie różniła się ona od wymowy Amerykanów u 68% osób przybyłych do USA przed 6. r.ż., u 41% osiedlonych między 7. i 12. rokiem i zaledwie u 13% zamieszkałych tam w wieku ponad 19 lat. Jeżeli przyjmiemy występowanie „okresów krytycznych” dla rozwoju mowy, to można przypuszczać, że reprezentacja mózgową języka uczonego w późniejszym wieku jest inna. Inne badania potwierdziły te założenia. Badaniom poddano Papuasów z Nowej Gwinei, którzy w różnym okresie życia wyemigrowali do Australii i rozpoczęli tam naukę języka angielskiego. Badania mózgu wykazały, że podczas rozpoznawania słów angielskich występuje niejednorodny wzorzec. Typową lewopółkulową przewagę zaobserwowano u tych osób, które osiedliły się przed 8. r.ż, a u osób, które przybyły później — między 9. a 12. r.ż. — wystąpiła prawopółkulowa specjalizacja. Wyniki te wskazują na odmienną mózgową reprezentację języka obcego, nabytego przez dzieci starsze. Jak wykazują badania, pomiędzy 1,5. a 3. r.ż. intensywnie wzrastają połączenia w lewej półkuli i zaczyna występować wrażliwy okres dla poznania nowych słów. Dziecko uczy się języka szybko i łatwo.

R. Gelman i R. Gallistel uważają, że dziecko rodzi się ze zdolnością do uczenia się o liczbach i reguł gramatyki¹⁴. Tak jak rodzi się ze zdolnością do nauki języka, tak rodzi się ze zdolnością do nauki liczenia. Naukowcy twierdzą, że mózg noworodka musi być wyposażony w jakiś rodzaj pojęcia liczby, które rozwija się w czasie ciąży. Dowodem na to jest to, że noworodek kilka dni po urodzeniu potrafi rozpoznać różnicę pomiędzy dwoma a trzema przedmiotami. Francuz S. Dehaven uważa, że istnieje wrodzone poczucie liczby, tzw. moduł wyspecjalizowany w identyfikacji liczb, przekazywany genetycznie, podobnie jak dziedziczny układ wzrokowy czy słuchowy. Koncepcja ta wyjaśnia też dlaczego niektóre dzieci mają duże trudności ze zrozumieniem pojęcia liczby i cierpią na dyskalkulię. Jego zdaniem, moduł ten wtedy nie działa prawidłowo. Zdolności matematyczne, z którymi przychodzą na świat małe dzieci ograniczają się do bardzo elementarnej matematyki. Jeśli liczba przedmiotów wzrasta ponad 3, 4, wówczas małe dzieci zaczynają popełniać błędy. Wiedza o liczeniu jest więc wynikiem nauki szkolnej.

Kora czołowa rozwija się w sposób nieliniowy. Odpowiada to reorganizacji mózgu spowodowanej zwiększonym mnożeniem się synaps w płatach czołowych. Po okresie namnażania następuje utrwalanie synaps używanych przez mózg, a przycinanie synaps nieużywanych, podobnie jak u niemowlaka. Najlepsze okresy do uczenia się występują od urodzenia do 3. r.ż. i od 10. do 15. r.ż., bowiem w tych okresach następuje radykalna reorganizacja mózgu i szybkie uczenie się.

Można jednak powiedzieć, że uczenie się zachodzi w każdym wieku, ponieważ mózg jest plastyczny przez całe życie. Plastyczność mózgu oznacza zdolność do adaptowania się do nowych zadań i otoczenia. Jeżeli uczymy się nowej umiejętności, nowego języka, nowych czynności, to mózg musi tworzyć nowe połączenia synaptyczne i nowe dendryty.

W miarę rozwoju mózgu następuje wzrost liczby obwodów neuronalnych i wzrasta aktywność kory. Obwody te zaczynają pracować w sposób coraz bardziej zsynchronizo-

¹⁴ S.J. Blakemore, U. Frith, *Jak uczy się...*; L. Cozolino, *Neuro nauka...*

wany. We wczesnym okresie życia powstają też bliskie relacje z opiekunem, co kształtuje u dziecka poczucie bezpieczeństwa i matrycę przywiązania. Szczególnie wrażliwym okresem dla tworzenia się tych sieci nerwowych są pierwsze lata życia. W okresach wrażliwych wzrost neuronów i ich organizacja jest bardzo nasilona i dlatego wczesne przeżycia i doświadczenia mają duży wpływ na późniejsze życie dziecka. Są to doznania pozawerbalne i trzewne, co zwiększa ich odporność na zmianę. Zorganizowane sieci neuronalne zawierają w sobie struktury naszego wczesnego doświadczenia. Wywiera ono znacznie silniejszy wpływ na nasze życie niż późniejsze.

W pierwszych dwóch latach intensywnie rozwijają się połączenia ośrodków podkorowych i korowych. W tym okresie prawa półkula rozwija się szybciej niż lewa. Specjalizuje się ona w tym okresie w organizowaniu i odbiorze doświadczenia z ciała oraz w czynnościach wzrokowo-przestrzennych, a lewa w rozumieniu i wyrażaniu mowy. Pod koniec 2. roku życia intensywnie zaczyna rozwijać się lewa półkula, co owocuje rozwojem mowy, opanowaniem dużej liczby słów. Prawa półkula wykazuje też więcej połączeń z układem limbicznym i pniem mózgu, co powoduje, że w przypadku dużego stresu impulsy z pnia mózgu i z prawej półkuli ulegają zablokowaniu i nie potrafimy „wydusić” z siebie słowa. Odkrycie różnic w tempie rozwoju obu półkul mózgowych należy do najnowszych odkryć neurofizjologii. Rozwój prawej półkuli w wieku przedszkolnym jest szybszy niż lewej. W prawej półkuli leży ośrodek muzyczny i wzrokowo-wyobraźniowy, a więc dziecko łatwiej uczy się różnych piosenek, ma dużą wyobraźnię. W tym okresie muzyka i rytm wspomagają proces zapamiętywania, co powinno być wykorzystane w procesie uczenia się np. tabliczki mnożenia czy nowych słów¹⁵.

Dziecko powinno dużo śpiewać, a tabliczkę mnożenia powinna być śpiewana, aby melodia pomogła ją zapamiętać. Łatwiej przypomnieć sobie melodię i rytm niż suche słowa dla dziecka nic nie znaczące. Tak było w szkołach wiek temu i wcześniej. Podobnie jest z rozwojem języka. Jak już wspomniałam, prawa półkula w tym okresie nieco wcześniej się rozwija. Dziecko łatwo zapamiętuje melodię i rytm. Słowa do melodii w dziecięcych piosenkach są bardzo proste. Najczęściej łatwo można podzielić je na sylaby. Przeważają sylaby otwarte. Rytm piosenki pomaga w podziale słów na sylaby. To bardzo ważne, gdyż dziecko ćwiczy wtedy słuch fonemowy poprzez podział wyrazów na sylaby. Zaczyna odróżniać najmniejszą cząstkę wyrazu jaką jest sylaba. Kształtuje analizę i syntezę słuchową na najmniejszych cząstkach, a więc na sylabach. Pomaga mu w tym melodia i rytm. Bez melodii i rytmu dziecko w tym wieku nie jest w stanie tego dokonać. Jeżeli dziecko nie uczęszcza do przedszkola, w którym nauczyciel śpiewa z dziećmi, tańczy oraz wystukuje rytm nogami i klaskaniem w ręce lub w domu rodzinnym również nie uczy go piosenek, to słuch fonemowy może nie rozwijać się prawidłowo. Śpiewanie i klaskanie, tańczenie dają podstawy rozwoju językowego dziecka, a tym samym do rozwoju lewej półkuli mózgowej. W przedszkolach obecnie często organizowane są zajęcia z logorytmiki, które doskonale rozwijają połączenia nerwowe różnych ośrodków w prawej i lewej półkuli.

Jak widać, rozwój psychomotoryczny nie następuje harmonijnie, odbywa się fazami. Podobne stanowisko w swojej metodzie na początku XX wieku przyjęła Maria Montessori. Następna ważna struktura mózgu to mózdzek. **Dojrzewanie mózdzku** odbywa się powoli do **7–8 roku życia**; wtedy następuje również integracja pomiędzy

¹⁵ C. Grzywniak, *Rola dojrzałości neuropsychologicznej w procesie uczenia się*, [w:] *Krakowska pedagogika specjalna*, red. J. Wyczęsany, E. Dyduch, Wydawnictwo Naukowe UP, Kraków 2010.

układem przedsiolkowym, mózdzkiem i ciałem modzelowatym, w którym biegną drogi nerwowe łączące różne ośrodki leżące w prawej i lewej półkuli. Wtedy też kończy się łączenie tych struktur i mielinizacja włókien nerwowych i dlatego czasami **zamiana liter, cyfr jest dozwolona do 7–8 r. ż.**

PODSUMOWANIE

W okresie do 3. r.ż. i od 10. do 15. r.ż. ma miejsce szybkie uczenie się, gdyż następuje organizacja mózgu oraz utrwalają się połączenia nerwowe. Tworzą się sieci nerwowe stanowiące podstawę prawidłowego uczenia się.

Wykorzystanie potencjału mózgu w tych okresach i etapów rozwoju w celu stymulacji oraz wspieranie prawidłowego kształtowania się sieci nerwowych byłoby celem neuropedagogiki. Za wczesnym rozpoczęciem edukacji przemawiałyby więc następujące odkrycia w dziedzinie neurobiologii:

- wzrasta liczba połączeń między komórkami nerwowymi w mózgach młodszych dzieci i to umożliwia uczenie się, szersze widzenie problemów, które stawiamy w procesie uczenia, a później lepsze funkcjonowanie w rzeczywistości,
- istnieją okresy krytyczne w rozwoju centralnego układu nerwowego,
- bogate środowisko powoduje powstanie większej liczby połączeń w mózgu niż ubogie środowisko. Wzbogacenie środowiska w różne bodźce pobudza wzrost neuronów i ich integrację, co w efekcie daje łatwiejsze i szybsze uczenie się.

3. NEUROPEDAGOGIKA A NEURODYDAKTYKA

W dobie intensywnych badań nad mózgiem i różnych odkryć dotyczących jego funkcjonowania warto rezultaty te wykorzystać w pedagogice. W myśl tego w 1992 roku G. Preis w swoich pracach zaczął używać terminu **neurodydaktyka** definiując ją jako naukę zajmującą się mechanizmami procesu uczenia się i dostosowywania procesu dydaktycznego do możliwości neurofizjologicznych dzieci. Jako nowa interdyscyplinarna specjalizacja korzystać będzie z dorobku neurobiologii, dydaktyki, neuroanatomii, neuromorfologii, psychologii poznawczej, teorii sieci neuronowych i innych. Jak twierdzi Błasiak¹⁶, głównym celem neurodydaktyki jest praktyczna pomoc w optymalnym i twórczym rozwiązywaniu zadań pedagogicznych z wykorzystaniem wiedzy o indywidualnych możliwościach organizacji mózgu i wyższych funkcji psychicznych. Zakłada ona, że wszystkie metody powinny być kompatybilne z możliwościami intelektualnymi uczniów, które są w znacznym stopniu określone przez rozwój i możliwości mózgu, zdolności uczniów, a także mechanizmy uczenia się. Warto również wprowadzić do pedagogiki termin „**neuropedagogika**”, która obejmowałaby rozumienie i stymulację procesów uczenia się u dzieci z różnymi problemami rozwojowymi i zaburzeniami. **Neuropedagogika zawierałaby podstawy wiedzy z zakresu budowy mózgu, jego pracy, treningów słuchowych i motorycznych czy metod stymulacji różnych funkcji psychicznych wpływających korzystnie na proces uczenia się.** Ta subdyscyplina wchodziłaby w pewien sposób w pedagogikę specjalną, jak i pedagogikę korek-

¹⁶ A. Karpińska, *Neurodydaktyka w służbie szkole i scholologii*, [w:] *Szkola w nauce i praktyce edukacyjnej*, red. B. Muchacka, Impuls, Kraków 2006, s. 158.

cyjną oraz dydaktykę. Neuropedagogika obejmowałaby także ćwiczenia wzmacniające i rozbudowujące sieci nerwowe w celu lepszego przekazu impulsu nerwowego do centralnego układu nerwowego. Do tej nowej subdyscypliny wchodziłyby ćwiczenia, które wzmacniają na poziomie neurofizjologicznym połączenia międzysynaptyczne, a tym samym na poziomie neuropsychologii poprawiają proces uczenia się i funkcjonowania psychicznego u dzieci i osób dorosłych. W świetle takiej perspektywy pedagogicznej należałoby wspomnieć o rozwoju centralnego układu nerwowego i występowaniu okresów wrażliwych, w których uczenie przebiega szybko i łatwo.

Neuropedagogika w przyszłości mogłaby stać się nową subdyscypliną pedagogiki, ponieważ ma podstawy teoretyczne zaczerpnięte z neurobiologii i neuropsychologii, metody diagnozowania i kierunek działania.

Celestyna Grzywniak

FOUNDATIONS OF NEUROBIOLOGY IN LEARNING IN YOUNGER CHILDREN

Summary

The first part of this article is devoted to a discussion about the impact of cross-lateralization and the domination of the left ear and eye on learning processes in children at school age. This discussion is based upon the knowledge obtained from research conducted at the end of 20th and beginning of 21st century. The research of A. Tomatis and K. Johansen shows that the domination of one ear has an important role in learning to write, read and concentrate, and also in speech development, learning foreign languages and emotions. The authors also draw upon the views of the Russian scientist, Aleksander Łuria, who described the way of transmitting a neural impulse from the dominating ear to the aural centers in the cerebral cortex. In the next part, the short descriptions of sensitive periods occurring in case of children from birth until the age of adolescence are provided. Throughout those periods, a rapid growth of the neural networks in the central nervous system occurs, which provides a possibility to learn quickly. Those periods ought to be used for the stimulation of a child's development, and this knowledge is of importance for teachers, parents and psychologists. In the concluding part of the article, the author puts forward a proposal for creating a new sub-discipline, *neuropedagogy*, attempts to define it and consider its tasks.