

Halina Nawrocka

## Plastyczność mózgu a Kinezyjologia Edukacyjna

Mielinizacja wyznacza kolejność rozwoju człowieka. Najpierw potrafimy wydawać dźwięki, a potem dopiero chodzić. Najpierw zaczynamy widzieć, potem mówić, a na końcu rozumować.

Plastyczność mózgu jest to zdolność synaps i obwodów neuronalnych do zmian w wyniku aktywności. Jest to własność, od której uzależniona jest ciągłość naszego życia psychicznego.

W momencie przyjścia na świat mózg człowieka składa się z biliona komórek mózgowych, w tym ze stu miliardów aktywnych komórek nerwowych. Pomiedzy aktywnymi komórkami nerwowymi wytwarza się trzy miliardy połączeń na sekundę. Od każdej aktywnej komórki nerwowej może odchodzić od dwóch do dwudziestu tysięcy dendrytów, które odbierają informację i przechowują ją. Każdy neuron może również wysyłać informację za pomocą włókna osiowego, czyli aksonu. Akson pokryty jest osłonką mielinową, która pełni rolę izolacji w przewodzie elektrycznym. Im bardziej dojrzała jest mielina, tym szybszy przekaz informacji wzdłuż włókna osiowego. Prędkość ta może dochodzić do 100 metrów na sekundę. Dendryty otoczone są około dziewięciuset miliardami komórek glejowych, które spajają ze sobą części mózgu.

Wysoko zróżnicowane komórki układu nerwowego utraciły zdolność zapewnienia sobie podstawowych funkcji życiowych. Rolę tę przejęły komórki tkanki łącznej układu nerwowego – komórki tkanki glejowej. Komórki glejowe tworzą w centralnym układzie nerwowym (CUN) trójwymiarową gąbczastą strukturę, w której jamkach leżą komórki nerwowe, przebiegają włókna nerwowe i naczynia krwionośne. Komórki glejowe w obwodowym układzie nerwowym tworzą osłonkę Schwanna (mielina).

Najliczniejszymi komórkami gleju w centralnym układzie nerwowym są astrocyty.

Pełnią one funkcję podporową, izolującą w dostarczaniu składników odżywczych i odprowadzaniu zużytych składników przemiany materii. Mają również zdolność do regulowania zawartości potasu w komórkach i uwalnianiu glukozy. W okresie płodowym astrocyty ułatwiają wędrówkę neuronom.

Rozwój dziecka jest narzucony przez kolejność mielinizacji dróg nerwowych w organizmie. Już w chwili urodzenia aksony są otoczone cienką osłonką mielinową, lecz pełna ich mielinizacja następuje stopniowo i w określonej kolejności. Dotyczy to zarówno mózgu, jak i ciała. Mielinizacja aksonów w ciele postępuje od góry do dołu, dlatego najpierw potrafimy wydawać dźwięki, a dopiero potem chodzić. Po prostu mielinizacja krótkich aksonów wiodących do języka i gardła trwa krócej niż mielinizacja długich aksonów zmierzających do mięśni łydek i mięśni palców. W mózgu mielinizacja rozpoczyna się w tylnej części i postępuje ku przodowi. Najpierw zaczynamy widzieć, następnie zaczynamy mówić, a na końcu rozumować. Najbardziej z tyłu znajduje się ośrodek widzenia, ośrodek mowy znajduje się przed nim, a ośrodek myślenia w części przedniej mózgu. Ostatnie mielinizują się centralne części mózgu zwane korą kojarzeniową.

Dla właściwego rozwoju dendrytów i połączeń między nimi podstawowe znaczenie ma właściwe odżywianie i ćwiczenia angażujące wszystkie zmysły. Właściwie dobrane proste ćwiczenia z Kinezylogii Edukacyjnej mogą w sposób zasadniczy wspomóc umiejętność uczenia się małego dziecka. **W ciągu pierwszych lat życia dziecka tworzą się w mózgu główne drogi nerwowe umożliwiające nam naukę przez całe życie.** Będą się one jeszcze rozwijać, lecz podstawy tworzone są właśnie w tym okresie.

W mózgu znajduje się sześć głównych szlaków przewodzących bodźce nerwowe. Pięć dostarcza informacji płynących z narządów zmysłów: wzroku, słuchu, smaku, dotyku, węchu. Szósta prowadzi informacje o naszych działaniach fizycznych. Za każdym razem, kiedy wykonujemy nową czynność, tworzy się w mózgu nowa droga, po której przepływają impulsy nerwowe. Za każdym razem, kiedy powtarzamy już uprzednio wykonywaną czynność, utrwala się i rozszerza już istniejąca droga.

Wszystkie komórki nerwowe najważniejszych warstw mózgu są już obecne w chwili urodzenia. Wraz z przyjściem na świat, zaczynają rosnąć dendryty tworzące wewnętrzne połączenia w mózgu. Przez pierwszy miesiąc ich liczba bardzo szybko się zwiększa, potem proces ten ulega spowolnieniu. Podczas pełzania i raczkowania niemowlę używa wszystkich czterech kończyn, których ruchy wzmacniają trzysta milionów szlaków nerwowych łączących obie półkule mózgowe poprzez ciało modzelowate. **Dziecko, które opuści etap pełzania czy raczkowania, nie potrafi później w pełni koordynować działania obu półkul.** Im lepsza stymulacja fizyczna i umysłowa, tym lepiej rozwijają się dendryty komórek mózgowych, a odpowiednie ćwiczenia

fizyczne wykonywane przez dzieci w klasie zerowej mają wpływ na poprawę ich wyników w nauce. Tego typu aktywność powoduje rozwój mózgu. Oddziałując na ciało, można zmienić stan mózgu i umysłu.

Istota biała półkul mózgowych składa się z pokrytych mieliną aksonów komórek nerwowych aktywnych. Biegają one w trzech wymiarach: strzałkowym, poprzecznym i pionowym. Włókna kojarzeniowe biegnące strzałkowo łączą struktury kory mózgowej w obrębie jednej półkuli, a w szczególności części przedniej mózgu (mózg operacyjny) z częścią tylną mózgu (mózg odbiorczy). Włókna te aktywujemy wówczas, kiedy pracujemy z wymiarem skupienia. Umożliwiają one koncentrację, czyli umożliwiają wykorzystanie przez mózg operacyjny informacji zawartych w tylnej części mózgu, zwanej mózgiem odbiorczym. Włókna biegnące poprzecznie zespalają ze sobą struktury odrębnych półkul. Są to włókna nerwowe spoidłowe. Włókna te aktywujemy wówczas, kiedy pracujemy w wymiarze lateralności. Włókna nerwowe biegnące pionowo łączą korę mózgową ze strukturami niżej położonymi. Są to włókna rzutowe, czyli projekcyjne. Włókna te aktywujemy wówczas, kiedy pracujemy w wymiarze ześrodkowania.

Każda z części układu nerwowego zarówno w podziale topograficznym jak i czynnościowym ma swoje ośrodki i drogi nerwowe. W zakresie ruchu można wyróżnić dwa zespoły ośrodków i dróg nerwowych: układ piramidowy i pozapiramidowy ściśle ze sobą współpracujące. Drogi nerwowe zaliczane do układu piramidowego są drogami dwuneuronowymi. Ciała komórek nerwowych pierwszego neuronu tych dróg znajdują się w ośrodkach ruchowych kory mózgu, ciała komórek nerwowych drugiego neuronu znajdują się natomiast w jądrach początkowych (ruchowych) nerwów czaszkowych lub w jądrach ruchowych nerwów rdzeniowych w rdzeniu kręgowym. Drogi te uruchamiamy na przykład w ćwiczeniach „punkty ziemi” i „punkty przestrzeni”. Aktywujemy wówczas pracę i współpracę mózgu i rdzenia kręgowego. Drogi nerwowe układu piramidowego zaczynają się w korze mózgu, a kończą się w mięśniach poprzecznie prążkowanych. Ich osłonka mielinowa wykształca się między szóstym a osiemnastym miesiącem po urodzeniu.

Układ piramidowy, choć decydujący dla dowolnej motoryki, może jednak działać tylko przy ścisłej współpracy z układem pozapiramidowym.

Układ pozapiramidowy jest starszy filogenetycznie od układu piramidowego. Układ piramidowy jest więc układem, który zapewnia tworzenie automatyzmów ruchowych (praksji) oraz reguluje

postawę ciała i napięcie mięśniowe. Układ pozapiramidowy współdziała z korowymi ośrodkami czucia, a także z układem autonomicznym. Drogi układu pozapiramidowego są drogami wieloneuronowymi.

Mózdzek pełni funkcję ośrodka regulującego koordynację ruchów i napięcie mięśni. Podział filogenetyczno-czynnościowy uwzględnia pramózdzek, mózdzek stary i mózdzek nowy. Czynność pramózdzku jest związana z równowagą ciała i, co się z tym łączy, z kontrolą ruchów gałek ocznych. Czynność mózdzku starego wiąże się z napięciem mięśniowym. Ze względu na powiązania z rdzeniem kręgowym zwany jest też mózdzkiem rdzeniowym. Drogi rdzeniowo-mózdzkowe zespalają jednoimienne połowy rdzenia kręgowego i mózdzku. Mózdzek nowy warunkuje koordynację ruchów dowolnych, półautomatycznych. Jego rozwój jest związany z pionizacją ciała.

Wymiar skupienia w kinezylogii edukacyjnej to praca z drogami nerwowymi kojarzeniowymi zarówno w obrębie tej samej półkuli mózgowej, jak również w obrębie tej samej połowy rdzenia kręgowego. Wymiar lateralności w kinezylogii edukacyjnej to praca z drogami nerwowymi zespalającymi ośrodki nerwowe położone w różnoimiennych półkulach lub połowach rdzenia kręgowego, zwanych drogami nerwowymi spoidłowymi. Ich znaczenie polega na koordynacji czynności ośrodków obu półkul mózgowych i obu stron rdzenia kręgowego – prawej i lewej. Ciało modelowane odgrywa również rolę w kształtowaniu dominacji jednej półkuli nad drugą. Uszkodzenie tej struktury usuwa tę przewagę.

Istnieje wiele dowodów na to, że lewa i prawa półkula zawiadują odrębnymi czynnościami. Półkula lewa stoi wyżej w procesach informacyjnych, co jest przydatne w analizie sekwencyjnej (następczej), kiedy jeden element jest rozważany po drugim. Uzyskane informacje są dostępne analizie słownej. Prawa półkula jest holistyczna, ma zdolność rozeznawania stosunków przestrzennych, co jest szczególnie istotne w ocenie kształtów, które nie mogą być opisane słowami. Prawa półkula jest także bardziej świadoma emocjonalnych wartości obrazów wzrokowych. Badania dwuosznego słyszenia wykazują, że prawa półkula zajmuje się muzyką wszystkich rodzajów, podczas gdy lewa jest lepsza w odbiorze dźwięku słów. Czynność emocjonalna prawej półkuli jest wyrażona przez śmiech spontaniczny. Dominacja lewej półkuli w procesie mówienia jest powszechnie znana, natomiast prawa półkula lepiej odbiera emocjonalne zabarwienie wymawianych słów i lepiej nadaje odpowiednie zabarwienie uczuciowe replikom słownym. **W normalnych warunkach specjalizacja półkul jest**

**niezauważalna, bowiem informacje przetwarzane w jednej z nich są przekazywane do drugiej** za pomocą włókien spoidłowych (przede wszystkim poprzez ciało modzelowate) i dzięki temu obie półkule mózgu biorą udział w wykonywaniu określonych zadań.

Ponad 100 lat temu zauważono swoistą budowę tworu siatkowatego. Neurony tworu siatkowatego mają pewne cechy charakterystyczne: ich dendryty słabo się rozgałęziają, natomiast aksony oddają liczne drobniejsze gałązki, dzięki którym akson może się kontaktować z ogromną liczbą komórek nerwowych. Twór siatkowaty rozciąga się w pniu mózgu od międzymózgowia do rdzenia przedłużonego, a następnie przechodzi w twór siatkowaty rdzenia kręgowego. Struktury tworu siatkowatego zespala się z prawie wszystkimi częściami ośrodkowego układu nerwowego. Zgodnie z ostatnimi doniesieniami na temat czynności tworu siatkowatego powiada się, że jest on „generatorem energii” i reguluje procesy zachodzące w różnych częściach ośrodkowego układu nerwowego. Jego czynność polega na utrzymywaniu świadomego stanu czuwania, podczas którego jest możliwe odbieranie różnego rodzaju bodźców. Cechą charakterystyczną tworu siatkowatego jest jego zdolność do modulowania bodźców czuciowych i ruchowych, które przez ten twór przebiegają. W tworze siatkowatym umiejscowione są ważne dla życia ośrodki, związane z czynnościami autonomicznymi, takimi jak czynność serca, oddychanie, regulacja ciśnienia krwi. Większość neuronów tworu siatkowatego może być pobudzana przez różne bodźce czuciowe i w związku z tym jest to układ nieswoisty, w przeciwieństwie do klasycznych dróg czuciowych, które przewodząc określony rodzaj czucia, zasługują na miano swoistych. Dotyczy to również bodźców ruchowych powstających w jądrach tworu siatkowatego. Zdolność tworu siatkowatego do wzmacniania lub wytłumiania doprowadzanych i odprowadzanych do niego pobudzeń pozwoliła niektórym autorom na porównanie go do urządzeń sygnalizacyjnych, bocznicy, zwrotnicy i stacji przeładunkowych rozmieszczonych wzdłuż torów kolejowych, łączących ze sobą duże stacje kolejowe. Tak bowiem wzdłuż szlaków nerwowych rozciąga się twór siatkowaty i podobne są jego zadania. Wyczerpanie się impulsów płynących z tworu siatkowatego do kory mózgu prowadzi do jej uśpienia, a ponowna aktywizacja jąder siatkowatych przywraca korę aktywnemu życiu. Leki pobudzające i uspokajające działają przede wszystkim na twór siatkowaty.

Ponieważ Kinezyjologia Edukacyjna wykorzystuje dostęp do układu nerwowego, a w szczególności centralnego układu nerwowego poprzez układ mięśniowy i ścięgnisty, zatrzymam się na chwilę na priopropreceptorach, czyli receptorach narządu równowagi oraz

receptorach rozmieszczonych w mięśniach poprzecznie prążkowanych i w torebkach stawowych, które odbierają informacje dotyczące położenia i przemieszczania poszczególnych części ciała w przestrzeni. Narząd równowagi to kanały półkoliste ustawione względem siebie prostopadle w trzech płaszczyznach: strzałkowej, czołowej i poziomej, co odpowiada również trzem wymiarom w Kinezylogii Edukacyjnej (lateralności, skupienia i ześrodkowania). Narząd równowagi, inaczej zwany narządem przedsionkowym posiada połączenia z tworem siatkowatym i jądrami pnia mózgu. Szczególnie ważne jest połączenie z jądrami nerwów czaszkowych, unerwiających mięśnie gałki ocznej – dzięki czemu ruch gałek ocznych może być skoordynowany z ruchami głowy.

Takie funkcje ludzkiego mózgu jak myślenie abstrakcyjne, zdolność do uczenia się i zapamiętywania, mowa – są czynnościami najbardziej skomplikowanymi i zarazem najmniej poznanymi. W tych czynnościach różne regiony kory mózgu, a szczególnie pola kojarzeniowe obu półkul, współpracują ze sobą. Większość wyższych czynności nerwowych wiąże się z plastycznością układu nerwowego, czyli jego zdolnością do zmiany struktury i skuteczności połączeń w procesach uczenia się i zapamiętywania. Kinezylogia Edukacyjna w procedurach równoważenia umożliwia zmianę utrwalonych wzorców na nowe, bardziej przydatne w nowych warunkach, w jakich znalazł się człowiek. Wykorzystuje więc w tym procesie plastyczność układu nerwowego, czyli możliwość zmiany dotychczasowych połączeń między neuronami na nowe, bardziej przydatne. Stwierdzono ogromne zdolności do zmian czynnościowych i strukturalnych w pojedynczych synapsach (plastyczność) niektórych okolic kory mózgu. W wielu komórkach nerwowych wykazano zmiany w syntezie DNA i RNA oraz w syntezie specyficznych białek, zaobserwowano także tworzenie się nowych połączeń synaptycznych między neuronami.

Istnieją dwa rodzaje pamięci: pamięć odruchowa i pamięć opisowa. Pamięć odruchowa jest w zasadzie podświadoma i wykorzystana w prostych, powtarzanych codziennie często nieświadomie automatycznych czynnościach ruchowych i innych zachowaniach związanych z codziennymi nawykami lub odruchowymi reakcjami, w tym również emocjonalnymi. Pamięć opisowa dotyczy świadomego przywoływania faktów i zdarzeń z przeszłości, umożliwia kojarzenie i ocenę wiedzy o ludziach, rzeczach i miejscach.

Zdarza się, że niektóre formy pamięci opisowej, na skutek wielokrotnego powtarzania określonego zachowania, mogą zostać przekształcone w pamięć odruchową. Dotyczy to na

przykład treningu sportowego, podczas którego pewne stałe elementy ruchowe po jakimś czasie stają się czynnościami wykonywanymi nawykowo.

Ważną cechą układu nerwowego jest fakt, że większość dróg nerwowych jest symetryczna i skrzyżowana. Wynika z tego, że informacje ruchowe z kory mózgu jednej półkuli docierają do motoneuronów unerwiających jednostki ruchowe mięśni po stronie przeciwnej. Informacje z receptorów jednej połowy ciała biegną drogami wstępującymi, które przecinają linię środkową na poziomie rdzenia kręgowego lub pnia mózgu i dochodzą do kory przeciwległej półkuli mózgu. Układ nerwowy autonomiczny jest odpowiedzialny za utrzymanie stałości środowiska wewnętrznego organizmu (homeostazę) w sposób niezależny od zmiennych warunków zewnętrznych, a od aktualnej aktywności. Układ autonomiczny reguluje wiele podstawowych funkcji organizmu, takich jak krążenie, temperatura ciała, czynność układu pokarmowego, funkcje rozrodcze. Układ autonomiczny jest aktywowany w sytuacjach stresowych. Nadrzędną rolę w stosunku do tego układu odgrywa układ limbiczny. W obrębie układu nerwowego autonomicznego wydziela się trzy zasadnicze części: współczulną, przywspółczulną oraz enteryczną. Dwie pierwsze zwykle działają wobec siebie antagonistycznie. Układ autonomiczny enteryczny składa się z neuronów lokalnie regulujących czynność przewodu pokarmowego, trzustki i pęcherzyka żółciowego.

Realizacja wszystkich ruchów, również wykonywanych podczas treningu fizycznego, możliwa jest dzięki czynności układu nerwowego. W następstwie wielokrotnie powtarzanych ruchów dochodzi do adaptacji szeregu układów do charakteru i poziomu realizowanej aktywności fizycznej oraz odpowiedniego poziomu przemiany materii.

Morfologiczne zmiany, jakie mogą być wywołane w obrębie centralnego układu nerwowego przez różne rodzaje treningu, są mało poznane. W odniesieniu do układu nerwowego obwodowego dotyczy to zmian strukturalnych płytek ruchowych, czyli synaps nerwowo-mięśniowych. W badaniach na zwierzętach stwierdzono zwiększenie rozmiaru płytki ruchowej w wyniku biegania na bieżni. W wyniku porównań efektów biegania o różnej intensywności, badania pozwoliły dodatkowo na wyciągnięcie hipotezy, że trening siły w większym stopniu oddziałuje na płytki ruchowe, niż trening wytrzymałości. Można przypuszczać, że w obrębie centralnego układu nerwowego dochodzi do zmian czynnościowych i morfologicznych synaps pomiędzy komórkami w łańcuchu neuronalnym, odpowiedzialnych za realizację ruchu. Zmiany w obrębie synaps są jednym z możliwych mechanizmów uczenia się.

W sporcie stosowany jest trening centralnego układu nerwowego, polegający na wyobrażaniu sobie pewnego niewykonywanego wcześniej ruchu. Po pewnym czasie takiego treningu w którym bierze udział wyłącznie układ nerwowy, obserwuje się wzrost siły skurczu, choć jest to wzrost siły skurczu mniejszy niż u takich osób, które taki ruch rzeczywiście wykonywały. W początkowym okresie treningu (nie ma jeszcze wzrostu masy mięśniowej) wzrasta siła skurczu mięśni na skutek zmian czynnościowych układu nerwowego. Wzrost siły mięśniowej może wiązać się z silniejszym pobudzeniem tkanki nerwowej do skurczu przez motoneurony (synapsy nerwowo-mięśniowe). Mechanizm ten jest na każdym kroku wykorzystywany przez Kinezylogię Edukacyjną. Na rolę układu nerwowego w procesie treningu wskazują także obserwację wyników ćwiczeń wykonywanych przy użyciu jednej tylko kończyny. Po pewnym czasie takich ćwiczeń można zaobserwować także wzrost równoimiennej kończyny, która nie była trenowana.

Głównym narzędziem Kinezylogii Edukacyjnej jest procedura zmiany wzorca. Ludzie rodząc się, mają prawie wszystkie neurony, jednak masa mózgu noworodka stanowi jedynie jedną czwartą masy mózgu człowieka dorosłego. Mózg powiększa się, ponieważ neurony rosnąc zwiększają swoje rozmiary, wzrasta także liczba aksonów i dendrytów oraz zasięg ich połączeń. Do osiągnięcia precyzji połączeń dojrzałego mózgu konieczna jest czynność nerwowa. Mózg musi być stymulowany w jakiś sposób z zewnątrz. **Aby dzieci mogły rozwijać się normalnie, muszą być pobudzane dotykiem, słowem i bodźcami wzrokowymi i być zachęcane do aktywności ruchowej** najlepiej wykorzystującej ćwiczenia z zakresu Gimnastyki Mózgu.

Aby utworzyć sieć nerwową podczas procesu rozwojowego, aksony rosnąc muszą pokonywać znaczne odległości, ponieważ struktury docelowe formują się w różnych regionach. Po rozpoznaniu tej czy innej struktury docelowej aksony docierają do niej i organizują się we właściwy wzorzec topograficzny. Aksony mają wyspecjalizowane zakończenia zwane stożkami wzrostu. Sama struktura docelowa może również wydzielać substancje będące sygnałami molekularnymi. Gdy aksony osiągną struktury docelowe, pozostaje im jeszcze znalezienie właściwego miejsca. W przeciwieństwie do wyboru drogi i struktury docelowej, wybór prawidłowego miejsca nie jest bezpośredni, lecz odbywa się metodą prób i błędów. Następnie aksony muszą poprawiać swoje początkowe błędy, aby dokładnie zharmonizować swoje połączenia. Istnieją konkurencyjne oddziaływania między aksonami neuronów docelowych. W pewnym sensie komórki, które jednocześnie wyładowują się, łączą się ze sobą. Koordynacja

czasowa potencjałów czynnościowych ma podstawowe znaczenie dla określenia, które połączenia synaptyczne zostają umocnione i zachowane, a które osłabione i eliminowane. Bardzo podobny proces reorganizacji aksonalnej zachodzi, gdy neurony w rdzeniu łączą się z odpowiednimi mięśniami. U osobników dojrzałych każde włókno otrzymuje wejście tylko z jednego neuronu ruchowego. Kiedy jednak neurony tworzą pierwsze kontakty z włóknami mięśniowymi, to każde włókno otrzymuje wejście z wielu neuronów ruchowych. Następnie pewne wejścia są eliminowane, co umożliwia powstanie ostatecznego wzorca połączeń. Wykazano, że proces eliminacji wymaga specyficznych wzorców czasowych aktywności potencjałów czynnościowych generowanych przez neurony ruchowe. Niezbędność czynności nerwowej do zakończenia rozwoju pozwala na to, że dojrzewający układ nerwowy może sam siebie modyfikować.

Kinezylogia zarówno jako Kinezylogia Edukacyjna jak również Kinezylogia Stosowana wykorzystuje okno terapeutyczne, które pozwala wspomagać procesy rozwoju i uczenia się dzięki łączeniu wiedzy o funkcjonowaniu mózgu z wiedzą o treningu ciała i z wiedzą psychologiczną.

#### Bibliografia:

G. Dryden, J. Vos, *Rewolucja w uczeniu*, Poznań 1999.

B. K. Gołąb, *Anatomia czynnościowa ośrodkowego układu nerwowego*, Warszawa 1992.

J. Górski (red.) *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego*, Warszawa 2002.

*Problemy Barrier Rozwoju Dzieci i Młodzieży Niepełnosprawnej*, zbiór artykułów z konferencji Polskiego Towarzystwa do Walki z Kalectwem, Wrocław 1998.