



„TYDZIEŃ MÓZGU 2011” W KRAKOWIE

Tematem przewodnim tegorocznej konferencji „Tydzień Mózgu 2011” w Krakowie jest rozwój mózgu oraz jego funkcji w sensie ewolucyjnym (filogeneza) oraz osobniczym (ontogeneza). Układ nerwowy występuje u wszystkich zwierząt, z wyjątkiem gąbek i rozwija się z warstwy komórek zarodka zwanej ektoderma. Jednak mózg, który jest zgrupowaniem licznych komórek, u człowieka jest ich ok. 10^{11} – 10^{12} , oraz ich wypustek (dendrytów i aksonów) tworzy się u zwierząt wraz z wyróżnicowaniem się głowy w budowie ciała, zaopatrzeniem jej w narządy zmysłów i grupowaniem się komórek nerwowych w struktury zwane zwojami w tej części ciała. U zwierząt stojących coraz wyżej na drabinie ewolucyjnej, budowa mózgu ulega coraz większej komplikacji. Zwiększa się nie tylko liczba komórek, ale także liczba interakcji pomiędzy nimi, co skorelowane jest z coraz bardziej złożonym zachowaniem, modyfikowaniem zachowania przez uczenie się oraz rozwojem procesów myślowych. U ssaków, a przede wszystkim u człowieka, mózg osiąga najwyższy stopień skomplikowania. Wiemy to z całą pewnością, że mózg człowieka jest szczytowym osiągnięciem w ewolucji tego narządu, ale nie wiemy jak to się stało i jakie czynniki miały wpływ na ten proces. Przypuszczamy, że przyczyniło się do tego życie na otwartych przestrzeniach, w dużych grupach socjalnych. Nie umiemy też odpowiedzieć na pytanie czy mózg człowieka może się jeszcze bardziej rozwinąć i skomplikować. Ten wyjątkowy pod względem budowy i funkcji narząd posiada struktury anatomiczne, które mają swoje odpowiedniki u innych kręgowców, a wyróżnia go silnie pofałdowana kora mózgowa, której powierzchnia jest znacznie większa niż u innych ssaków. Chociaż dokładnie poznaliśmy anatomię mózgu człowieka, ciągle nie wszystko jest jasne jak dochodzi do powstawania mózgu, jakie procesy kierują migracją komórek nerwowych ze strefy ich powstawania do miejsc ostatecznej lokalizacji. Ciągłe prowadzone są badania nad różnicowaniem się nerwowych komórek macierzystych w konkretne typy neuronów – komórek, które będą przewodziły impulsy elektryczne, czy w różne typy komórek glijowych, które będą „opiekowały się neuronami” i regulowały ich niektóre funkcje. Liczne badania przeprowadzone na ssakach naczelnych wykazały, że sześciowarstwowa kora mózgowa tworzy się, gdy powstające komórki nerwowe – neuroblasty migrują

z miejsca narodzin, tworząc kolejne warstwy w taki sposób, że warstwa najwcześniej powstająca leży najgłębiej, a neuroblasty kolejnej warstwy muszą przeciskać się przez już istniejącą warstwę. Procesy te zależą od wielu czynników, substancji troficznych oraz interakcji pomiędzy samymi komórkami nerwowymi, a nieprawidłowości w tych procesach, albo wpływ czynników zewnętrznych w czasie rozwoju mózgu, prowadzą do zaburzeń psychorozwojowych. Istnieje hipoteza, że jedną z przyczyn schizofrenii mogą być zaburzenia w powstawaniu warstw kory mózgowej. Ostatnim etapem w rozwoju mózgu, który zachodzi już po urodzeniu, jest rozwój prawidłowych połączeń pomiędzy komórkami nerwowymi – synaps. Najczęściej powstają one dzięki tworzeniu połączeń pomiędzy długimi wypustkami nerwowymi – aksonami jednych neuronów i krótkimi – dendrytami innych neuronów. Poprzez synapsy impulsy nerwowe mogą być przesyłane na duże odległości, do mózgu i z mózgu, oraz w samym mózgu. Dzięki synapsom neurony kontaktują się ze sobą, a kontakty te są dynamiczne i podlegają zmianom morfologicznym i fizjologicznym. Zmianom plastycznym synaps towarzyszą zmiany morfologiczne wypustek nerwowych w rejonie synaps. Te zmiany nazywane są zmianami plastycznymi, w wyniku których mózg gromadzi informacje i mogą się zmieniać jego funkcje. W trakcie rozwoju mózgu utrzymuje się wysoka jego plastyczność, a jedne neurony mogą przejmować funkcje innych, jeżeli te ostatnie zostaną uszkodzone. Dlatego też poważne uszkodzenia mózgu, które następują trakcie rozwoju układu nerwowego, dzięki plastyczności mózgu, mogą w przyszłości nie wpłynąć na jego funkcjonowanie. Także po zakończeniu rozwoju, mózg zachowuje plastyczność i zdolność do odbierania nowych bodźców, uczenia się i zapamiętywania. Zdumiewające są możliwości mózgu do rejestrowania bodźców, magazynowania i przetwarzania informacji oraz sterowania tak wieloma procesami. Co więcej, mózg może rejestrować bodźce i sterować procesami zachodzącymi w sztucznych układach – np. komputerach, czy innych maszynach (robotach) jeżeli zostaną one podłączone do układu nerwowego. Jedną z nowych dziedzin medycyny regeneracyjnej jest stosowanie protez nerwowych, np. sztucznych kończyn bionicznych sterowanych myślami, czyli aktywnością mózgu, czy obsługa komputera. O ile mózg

człowieka prawdopodobnie nie rozwinie się bardziej z przyczyn biologicznych – większa głowa uniemożliwiłaby naturalny poród czy poruszanie się, to jednak można sobie wyobrazić zwiększenie możliwości funkcjonalnych mózgu poprzez sterowanie jeszcze większą liczbą procesów za pośrednictwem maszyn elektronicznych. Takie interfejsy mózg – komputer znajdują się już w fazie doświadczalnej. Możliwe jest także sterowanie mózgiem przez układy elektroniczne. Wszczepienie chipów do układu nerwowego daje możliwość posiadania dodatkowych zmysłów i nowych narzędzi komunikacyjnych. Pierwsze eksperymenty już zostały przeprowadzone i okazało się, że mózg jest w stanie odbierać informacje dostarczane z tych dodatkowych urządzeń włączonych do układu nerwowego.

Od dawna wykorzystuje się rejestrację aktywności elektrycznej mózgu (elektroencefalografia) do diagnozowania chorób, a działanie polem elektrycznym lub magnetycznym na mózg, do leczenia chorób psychicznych, choroby Parkinsona, drżenia rąk, bólu itd. – głęboka stymulacja mózgu. Działanie to polega na modulowaniu aktywności elektrycznej wybranych rejonów mózgu. W przypadku zaburzeń ruchu elektroda stymulująca zostaje wszczepiona w okolicy

struktur mózgu zwanych jądrami podstawnymi, a dokładnie w do podkorowego układu sterującego ruchem. Elektroda ta zasilana jest pulsami prądowymi o odpowiedniej długości, częstotliwości i amplitudzie z generatora umieszczonego pod skórą pacjenta, podobnie jak rozrusznik serca. Głęboka stymulacja mózgu przynosi ulgę pacjentom z zaburzeniami ruchu, chociaż dokładnie nie jest jasne jak ona działa. Prawdopodobnie taka stymulacja zmienia wzór aktywności sieci neuronów układu motorycznego jąder podstawnych mózgu.

W czasie „Tygodnia Mózgu 2011” będziemy się też starać odpowiedzieć na pytania jak rozwijają się zdolności poznawcze u dzieci, skąd bierze się w naszym zachowaniu empatia i agresja oraz dlaczego warto chronić mózg przed infekcjami.

Serdecznie zapraszam do uczestniczenia w wykładach oraz zapoznania się z artykułami na temat mózgu opublikowanymi w bieżącym wydaniu *Wszechświata*.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza

Prezes Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika głównego organizatora „Tygodnia Mózgu” w Krakowie

JAK POWSTAJE MÓZG

Krzysztof Turlejski (Warszawa)

Z wyjątkiem gąbek, wszystkie zwierzęta mają układ nerwowy, składający się z wyspecjalizowanych komórek – neuronów. U zwierząt, które mają skupiska neuronów (zwoje lub ośrodkowy układ nerwowy) powstają też komórki wspomagające – glie. W ewolucji neurony powstały tylko raz, jako przekształcone komórki ektodermy, ale każda linia ewolucyjna zwierząt wykształciła struktury swojego układu nerwowego nieco inaczej. W rozwoju osobniczym kręgowców zaczątek mózgu wyodrębnia się bardzo wczesnie, ale dość długo składa się jedynie z komórek dzielących się – neuroblastów. Na tym etapie zostają ukształtowane podstawowe struktury mózgu. Dzieje się to w wyniku hierarchicznego, kaskadowo zorganizowanego procesu, gdzie najpierw morfogeny indukują powstanie pewnych linii rozwojowych neuroblastów i powstanie całych struktur morfologicznych układu nerwowego, a następnie geny regulujące tempo podziałów komórkowych doprowadzają do ich rozwoju i ukształtowania. Następnymi etapami rozwoju układu

nerwowego jest namnażanie neuronów (komórek, które więcej się nie podzielą, a w dorosłym życiu będą wykonywały właściwe funkcje układu nerwowego), ich migracja i rozwój wypustek. Pierwszą wypustką neuronu jest zawsze akson, zapewniający połączenie z odległymi strukturami. Kolejnym procesem rozwojowym jest eliminacja nadmiarowych neuronów (około połowy powstałych), a następnie eliminacja nadmiarowo rozgałęzionych wypustek neuronów. Wszystko to są niezbędne etapy rozwoju układu nerwowego, a faza ostatnia, przekształcania wypustek kontynuuje się przez całe życie, jako plastyczność struktur nerwowych, często powiązana z procesami uczenia się. W niektórych strukturach mózgu kontynuuje się też proces tworzenia i wymierania neuronów. Tak więc proces powstawania układu nerwowego ma wiele etapów następujących po sobie w ściśle określonej sekwencji. Jest to proces niezwykle złożony, który dopiero poznajemy.