

Na początku jest mózg gadzi

Autor tekstu: **Andrzej B. Izdebski**

W naszych głowach napotykamy bynajmniej nie siano; u co mądrzejszych skropione mniej lub bardziej obficie olejem. Znajduje się tam — o czym teraz wiedzą nawet maleńkie dzieci — mózg. Sprawiający na oko niezbyt ciekawe wrażenie, białoróżowy twór o konsystencji jajka na miękko, przypominający duży orzech włoski. Rysowany dawniej, na podobieństwo jelit, jako rura od początku do końca.

Starożytni, badając wnętrza zwierząt, byli bardziej zainteresowani bijącym sercem, zmieniającą kolor wątrobą czy poruszanymi perystaltyczną falą jelitami. Wyżej opisany wygląd zewnętrzny nie wzbudza zachwytu i nie sugeruje zawartych w mózgu mechanizmów odbioru, przetwarzania i analizy bodźców zmysłowych, zdolności myślenia, pamięci, a także sterowania całym organizmem. Ale gdy zainteresujemy się strukturami i funkcjami mózgu, to wszelkie dotyczące go zagadki możemy rozwiązać tylko przy jego pomocy. Użyjmy więc wnętrza naszych czaszek i zastanówmy się nad tym, co w nich mieści się i jak to działa.

Ten niezwykły organ intryguje ludzi od wieków. Pierwszych trepanacji dokonywano już ponad siedem tysięcy lat temu. Początkowo nie przypisywano mu zbyt wielkiego znaczenia. Egipcjanie przy balsamowaniu zwłok faraonów pieczołowicie preparowali wątrobę i serce, zaś mózg, po wydobyciu specjalnymi narzędziami przez nos i uszy, wyrzucano. Grecy odpowiedzialnością za nasze uczucia i pamięć obarczali serce. Arystoteles podkreślał, że rana serca powoduje śmierć, zaś rana mózgu niekoniecznie. Hipokrates uważał serce za „najszlachetniejszy” z organów, ale prawdopodobnie jako pierwszy zauważył niezwykle konsekwencje uszkodzenia mózgu pośród zranionych na wojnie żołnierzy. Zwrócił uwagę na fakt występowania objawów po przeciwnej stronie ciała (uszkodzona prawa część mózgu powodowała paraliż lub niedowład lewej strony i odwrotnie). Dla Platona — za uczucia niższego rzędu (pożądanie, chciwość) odpowiadała wątroba, za bardziej wzniosłe (duma, odwaga, gniew) odpowiadało serce, ale siedliskiem rozumu był już mózg.

Najsłynniejszym lekarzem epoki starożytnej po Hipokratesie był żyjący w II wieku Galen. Szczególnie zainteresowały go puste przestrzenie wypełnione według niego *spiritus animalis* (tchnieniem duchowym). Uznał, że te przestrzenie muszą mieć coś wspólnego z duszą. Uchodziło to za niepodważalną prawdę przez wiele stuleci. W Renesansie opisali budowę mózgu i przedstawili jego rysunki Leonardo da Vinci i flamandzki anatom Andreas Vesalius. Na ich podstawie Kartezjusz twierdził, że widzialna struktura nie ma nic wspólnego z jego funkcjonowaniem. Najważniejszą, jego zdaniem, częścią mózgu była szyszynka, gdzie materialne ciało spotykało się z duszą. Informacje pochodzące ze zmysłów przepływały *spiritus animalis* do duszy, której decyzje za pomocą szyszynki rodzącej impulsy przesyłane były poprzez komory mózgu i za pośrednictwem odpowiednich nerwów do mięśni. Ta w sumie mechanistyczna koncepcja mogła być empirycznie weryfikowalna.

Nowy impuls do badań mózgu dał eksperyment Luigi Galwaniego stwierdzający reakcję nerwów na pobudzenie elektryczne. Problemem tym zajął się niemiecki fizjolog Emil Du Bois-Reimond w 1843 roku, opisując zjawisko przepływu prądu wzdłuż włókna nerwowego. W 1849 obserwując analogiczny przepływ w następstwie stymulacji chemicznej udowodnił, że nerwy nie są tylko biernymi przewodnikami, lecz także źródłem elektryczności. W drugiej połowie XIX wieku, dzięki udoskonaleniu mikroskopów optycznych i opracowaniu nowych metod preparowania tkanek do badań mikroskopowych, hiszpański histopatolog Santiago Ramón y Cajal zaobserwował, że nerwy nie mają charakteru ciągłego, lecz każdy stanowi odrębną komórkę o ściśle wyodrębnionych granicach, posiadającą zgrubienia na końcach wypustek. Wcześniej rysunek wypreparowanej komórki nerwowej, z rozróżnieniem **aksonu** — wypustki długiej i **dendrytów** - wypustek krótkich, przedstawił Otton Deiteres. Charles Sherrington wykazując istnienie oddziaływań hamujących stwierdził, że komórki nerwowe mogą zarówno włączać, jak i wyłączać sygnały. Nazwał też miejsce styku między neuronami synapsami.

Na początku dwudziestego wieku uczeni zastanawiali się nad sposobem przekazywania bodźców z jednego neuronu do drugiego. W 1939 roku dwaj angielscy biofizycy Alan Hodgkin i Andrew Huxley zarejestrowali w obrębie komórki nerwowej impuls. Impuls ten, nazywany

obecnie potencjałem czynnościowym, okazał się uniwersalnym w obrębie komórek nerwowych mechanizmem sygnalizacyjnym w całym królestwie zwierząt. W latach pięćdziesiątych zespół Bernharda Katza dowiódł, że zakończenia neuronów wydzielają substancje, które nazwał **neuroprzekaznikami**, a John Heuser i Thomas Reese wykazali, iż to, czy komórka będzie pobudzana czy też hamowana, zależy od rodzaju wydzielanego przekazywacza oraz od znajdujących się na błonie receptorów. Komórki nerwowe potrafią się uczyć i poziom komunikacji może być modyfikowany przez nabywane doświadczenia. Ale prawdziwy boom na wszelkiego rodzaju eksperymenty związane z mózgiem nastąpił dopiero w drugiej połowie XXw. [1]

Ewolucyjna specjalizacja zwojów

Mózg jest powiększonym i wyspecjalizowanym zwojem w ośrodkowym układzie nerwowym, położonym najbliżej przedniego końca lub najwyżej. Kiedy zaczyna się posiadanie mózgu? Rośliny nie posiadają go wcale. Glista *Ascaris* pasożytująca w przewodzie pokarmowym ma dokładnie 162 komórki w swym mózgu, plus 92 komórki w obrębie ogona i układu trzewnego. Układ nerwowy pszczoły składa się z około 7 tys. neuronów. U *Amphioxus*, zwierzęcia niesłychanie prymitywnego, wzdłuż grzbietu tuż za struną grzbietową biegnie struna nerwowa z wyodrębnionym, podzielonym na trzy części mózgiem. Mózg gadów ulega dalszemu zróżnicowaniu, można wyodrębnić w nim rdzeń przedłużony, mózdzek, śródmózgowie i półkule mózgowe. Mózg ptasi góruje nad mózgiem gadzim, który góruje nad mózgiem płazów, a ten nad mózgiem ryb, ale wszystkie, w ich ewolucyjnym rozwoju, zbudowane są według tego samego wzorca typowego dla kręgowców. Ptaki są najwyżej stojącymi kręgowcami, które przeżywają usunięcie mózgu. Przez pewien czas mogą latać, biegać i zbierać pokarm, choć nie potrafią łączyć się w pary, budować gniazd ani opiekować się potomstwem.

Porównując mózgi ssaków z ptasimi, najmniejsze zmiany zauważymy w rdzeniu przedłużonym (zwanym też opuszką mózgu), który spełnia funkcję sterowania oddychaniem, krążeniem krwi i innymi podstawowymi procesami fizjologicznymi. Mózdzek ssaków jest znacznie większy i bardziej złożony, a traci na znaczeniu śródmózgowie, którego funkcje wzrokowe i słuchowe przejmują półkule mózgowe. I tu następuje największa zmiana. Półkule mózgowe ssaka dramatycznie powiększają się przejmując tak wiele funkcji, że reszta mózgu nie tylko w ich cieniu niknie optycznie, ale także traci się poczucie innych istotnych zmian, jakie dokonały się w całym mózgu. W półkulach wyodrębnia się konkretne obszary, zawiadujące zmysłami i mięśniami, oraz tak zwane obszary nieme. Płaty czołowe mózgu są w większości złożone z obszarów niemych, a procentowo są one największe u najwyższych gatunków ssaków.

W przyrodzie można dostrzec stopniowy i nieustanny rozwój od najbardziej prymitywnej sieci nerwowej jamochłonów, aż po najdoskonalsze narzędzie, jakim jest mózg człowieka. Żaden układ nerwowy nie ma takiej złożoności, sprawności i przemyślności. Jego rozwój jest zdumiewający, a nie mówimy tu o masie (mózg wieloryba jest sześciokrotnie większy, mózg słonia cztery razy cięższy od ludzkiego) tylko o organizacji. W nim mieści się wszystko, co stanowi o mądrości człowieka: myśl, wyobraźnia, wynalazczość, przezorność, wrażliwość, współczucie.

Naczelny organ naczelnych

Człowiek przez swój mózg stał się zwieńczeniem zwierzęcego świata. Można dokonywać anatomicznych porównań zwierząt współczesnych lub zastanowić się nad rozwojem mózgowia naczelnych w ostatnich 500 tysiącach lat. W tym czasie rozwinęło się ono w masie od 500 cm³ (tyle np. posiada współczesny goryl) do 1400 cm³ (przeciętny mózg współczesnego człowieka).

Z trzech części wspólnych dla kręgowców najbardziej „starożytne” części to **tyłomózgowie** i **śródmózgowie**, które stanowią u ludzi około 15%. W ewolucyjnym rozwoju najbardziej rozwinęło się u nas **przedmózgowie** - dzielone jeszcze na międzymózgowie, kresomózgowie i węchomózgowie - zajmujące 5/6 pojemności czaszki. Kresomózgowie prawie w całości to kora mózgowa (nowa), choć mała część węchomózgowia wraz hipokampem odpowiedzialnym za tworzenie śladów pamięciowych, zaliczana jest do kory starej.

Według Paula Macleana mamy *mózg trójjedyny*, który tworzą kolejno nadbudowane na sobie — trzy mózgi. Najgłębsza, najstarsza i najbardziej prymitywna struktura, odpowiedzialna

za zachowania instynktowne to *mózg gadzi*. Nad nim usadowiona jest struktura odpowiedzialna za emocje, szczególnie za agresję i seks — *mózg starych ssaków* z układem limbicznym. Zaś najwyższą położoną strukturą jest nowa kora, w niej zachodzą procesy myślowe i nazywana jest *mózgiem wyższych ssaków*. Wszystkie te struktury, nawet obecne tylko u człowieka, są ściśle powiązane i spójnie działają, bowiem niespójność staje się źródłem konfliktów z głęboko ukrytymi najbardziej archaicznymi elementami. Razem odpowiadają za sterowanie wszystkimi najistotniejszymi procesami naszego życia, a także za naszą umysłowość. [2]

Struktura mózgu

Zaczynając od dołu [3], od **rdzenia kręgowego** pierwszym jest **tyłomózgowie** obejmujące: **rdzeń przedłużony (rdzeniomózgowie)**, **most** i **móździek (zamózgowie)**, a dalej **śródmózgowie** (ze **wzgórkiem dolnym** i **wzgórkiem górnym**). Struktury te określane są **pnim mózgu**. Idąc ku górze, dochodzimy do owych 5/6 **przodomózgowia**, gdzie pod płaszczem z **kory mózgowej** odnajdziemy **międzymózgowie** — ze **wzgórzem**, **nadwzgórzem** (obejmującym **szyszynkę**) i **częścią podwzgórzową** oraz małym (3/100 całego mózgu), ale nader ważnym, gdyż zarządzającym czynnościami niewymagającymi myślenia, **podwzgórzem właściwym**. (W pobliżu podwzgórza właściwego, na jakby łożdźce zwanej **lejką**, znajdziemy **przysadkę** — gruczoł o średnicy około centymetra, miejsce wytwarzania hormonów sterujących gruczołami wydzielania wewnętrznego, a więc jest to hormon sterujący hormonami). Tam pomiędzy pniem mózgu i podwzgórzem, a nową korą znajduje się **układ limbiczny**. Aż dotrzemy do ogromnego, najbardziej zewnętrznego **kresomózgowia**, podzielonego na dwie części, tak jak cały mózg, poza szyszynką, skupiska tkanki nerwowej. Są to odpowiedzialne za naszą inteligencję **półkule mózgu**. Zbudowane z mocno pofałdowanej (tworzącej liczne zakręty) kory mózgowej, którą dzieli się na cztery płaty: **czołowy**, **ciemieniowy**, **skroniowy** i **potyliczny**. W trakcie ewolucji następowało wybrzuszenie się kory mózgowej, tak że bardziej prymitywne części są względnie małe i położone bardziej wewnątrz. We wnętrzu mózgu mamy jeszcze cztery **komory** zajmujące przestrzeń pozostawioną przez fałdy, wyrosła i zgrubienia tkanki nerwowej. Ich całkowita pojemność wynosi około 100 cm³. W wielkim uproszczeniu **centralny układ nerwowy** to: kora podzielona na dwie półkule po cztery półpłaty, plus układ limbiczny, plus pień mózgu, plus rdzeń kręgowy.

Kora w toku ewolucji stawała się coraz bardziej złożonym i coraz ważniejszym ośrodkiem interpretowania informacji przesyłanych ze zmysłów oraz podejmowania decyzji. Pomimo tylko kilkumilimetrowej (od dwu do pięciu) grubości składa się z sześciu podwarstw podobnych do siebie komórek nerwowych — neuronów, komórek glejowych i włosowatych naczyń krwionośnych. Zewnętrzną korę stanowi **istota szara** złożona z „ciał” neuronów, którą możemy porównać do procesorów. (W pniu mózgu umieszczona jest wewnątrz, tworząc zgrupowania zwane jądrami.) Wewnętrzną warstwę kory zwaną **istotą białą** tworzą wypustki, które możemy porównać do przewodów [4]. Białość pochodzi od koloru ich osłonek tłuszczowych z substancji zwanej mieliną. Warto tu dodać, że w istocie białej centralnej części śródmózgowia **występuje wąsopodobna** warstwa istoty szarej, zawierająca barwnik, **nazywana istotą czarną** lub **czarną substancją**. Półkule mózgowe mimo podobieństw różnią się w budowie i jeszcze bardziej w funkcjach, tworząc jakby dwa mózgi harmonijnie ze sobą współpracujące. Połączone są niewyobrażalnie skomplikowaną siecią włókien nerwowych poprzez spoidło wielkie (ciało modzelowate). Każda z nich specjalizuje się w innych zadaniach i zawiąduje innymi funkcjami intelektualnymi.

Lewa półkula, zawiera więcej istoty szarej. Uważana jest za dominującą. Odpowiedzialna za język mówiony i pisany. Ma charakter sekwencyjny, matematyczny i dosłowny. Myśli w sposób logiczny i ustala relacje między obiektami a faktami. Kontroluje prawą stronę ciała — wraz z kontrolą prawej półkuli i unifikacją świadomości.

Prawa półkula dominuje w sferze umysłowej. Odbiera wiele informacji jednocześnie. Zawiera więcej materii białej (dłuższe połączenia). Przestrzeń pojmuje w sposób globalny i intuicyjny. Kieruje oczami i rękami. Znajdują się w niej ośrodki odpowiedzialne za wyobraźnię, przestrzenność, metaforyczność, emocjonalność, uduchowienie, muzykalność, uzdolnienia plastyczne, seks i sny. Jej interpretacja świata jest realistyczna, a widzenie zdarzeń kompleksowe. Poza tym kontroluje lewą stronę ciała.

Trzeba jednak pamiętać, że mózg, pomimo jego skomplikowanej złożoności, począwszy

od molekuł i białek, poprzez wyspecjalizowane struktury wewnątrzmożgowe, aż po korę obu półkul i konkretne obszary płatów korowych — jest jedną całością i sztucznie rozdzielone (nigdy całkowicie) półkule — nawet pomimo nieodczuwania przez pacjentów zmian w swojej świadomości — tracą wiele ze swojej dotychczasowej funkcjonalności. Mimo badań i doświadczeń, jeszcze bardzo długo nie będziemy mogli precyzyjnie określić szkód wywołanych chorobą lub ingerencją.

Przy okazji dygresja. Jak wielkich można dokonać samouszkodzeń mózgu alkoholem lub narkotykami, aby jeszcze można było uważać się za istotę stojącą intelektualnie i emocjonalnie wyżej od np. bonobo czy goryla? A nawet ostrzej: czy wszystkie istoty człekopodobne są ludźmi? Nie znam i nie podejmę próby udzielenia odpowiedzi na to pytanie; ale uważam, że takie pytania też warto sobie zadawać.

Bardzo delikatna, galaretowata substancja mózgowa, aby mogła nam służyć, musi być chroniona. Pierwszą ochroną jest zawieszenie półkul mózgowych w **płynie mózgowo-rdzeniowym**, następnie chronią je **opony mózgowe** złożone z trzech warstw błony tkankowej oraz twarde kości jamy czaszkowej.

Płyn - będący w zasadzie przefiltrowaną krwią, pozbawioną krwinek i płytek - jest wodnistą, alkaliczną, przejrzystą i bezbarwną substancją, nieustannie wytwarzaną w komorach mózgu i nieustannie wchłanianą z powierzchni mózgu.

Z trzech osłon najbliższą czaszce jest **opona twarda**, włóknista wykładzina przywierająca do wewnętrznej powierzchni czaszki. Powierzchnię mózgu ściśle otacza delikatny miąższ **opony miękkiej**. Pomiędzy nimi znajduje się warstwa środkowa, która musi być zarazem twarda i miękka, strukturalnie sztywna i delikatna, zbudowana z przypominających pajęczą sieć włókienek i dlatego nazwana **oponą pajęczą**. Pod nią dla lepszej ochrony znajduje się jeszcze jama podpajęczynowa wypełniona płynem mózgowo-rdzeniowym.

Wydawałoby się, że natura w toku ewolucji postarała się o maksymalną ochronę, a jednak najinteligentniejsze stworzenie na świecie częstokroć potrafi ją przechrzyć. I tak na przykład wymyśliło boks.

Cegielki

Neuron jest podstawowym i najważniejszym elementem składowym układu nerwowego. Komórki neuronowe różnią się od innych komórek. Nie zmieniają kształtu ani położenia i nie ulegają podziałowi. Poza rzadkimi wyjątkami, ginące wskutek różnorodnych przyczyn dojrzałe neurony nie są zastępowane nowymi. (Choć obecnie prowadzi się dosyć obiecujące doświadczenia pobudzające organizm do wytwarzania nowych, zastępujących ubytki.) W obrębie komórki nerwowej wyróżnia się: przypominające, trójwymiarowy kleks ciało komórki oraz dwa rodzaje wypustek: wypustkę długą (akson), która przy średnicy około 25 mikrometrów potrafi przekroczyć metr długości i liczne wypustki krótkie (dendryty), przypominające w swych rozgałęzieniach drzewo. Gałęzie i gałązki zakończone synapsami w liczbie od 500 do 20.000 nadają komórkom nerwowym charakterystyczny „kolczasty” kształt. Przybierają niezwykle różnorodne kształty i samych podstawowych kształtów jest ponad pięćdziesiąt. Duża ich część tworzy wyspecjalizowane grupy — sferyczne konglomeracje (**jądra mózgowe**) i **płaskie arkusze** (kory).

Neurony tworzą gęstą sieć połączeń przez synapsy, stanowiące złącza poszczególnych komórek. Wnętrze neuronu to prawdziwe laboratorium chemiczne, w którym podstawową rolę odgrywają jony sodu i potasu oddzielone od siebie błoną. Cały proces jest przemienny, chemiczno-elektryczny. Gdy na skutek impulsu z dendrytów jony zaczynają się przemieszczać, pojawia się sygnał elektryczny, który zostaje przekazywany aksonem przez synapsy do dendrytów innych neuronów. Już sama **synapsa** jest tworem wielce złożonym, aktywnie pośredniczącymi w przekazywaniu informacji. Dwa neurony nie stykają się bezpośrednio, między nimi jest przerwa (około 1/4 mikrometra szerokości). **Iglica** (impuls) biegnie wzdłuż aksonu i gdy dociera do błony presynaptycznej synapsy przez **kanały jonowe** uwalniane są porcje związków chemicznych zmagazynowane w pęcherzykach. Gdy jonowe wrota otwierają się, to możliwy jest przepływ obdarzonych ładunkiem elektrycznym jonów do wewnątrz lub na zewnątrz posynaptycznej strony synapsy. Proces ten — w większości przypadków, w ogólnych zarysach — przebiega następująco: elektryczność → chemia → elektryczność. Ponieważ te cząsteczki chemiczne są bardzo małe, to również bardzo niewielkie stężenia mogą ten proces zakłócać. W zależności od rodzaju substancji chemicznej pośredniczącej w przekazywaniu pobudzenia, wyróżnia się synapsy pobudzające i hamujące, wykorzystujące różne

neuroprzekazniki.

Prędkość transmisji dochodząca do 350 kilometrów na godzinę zależy od izolacyjnej osłonki **mielinowej** i przyspieszających impulsy **węzłów Ranviera**. Jeśli osłonka jest słaba, co występuje na przykład w stwardnieniu rozsianym, to sprawność przewodzenia maleje i system nerwowy zaczyna nas zawodzić.

W mózgach mamy upakowane kilkadziesiąt (źródła podają od 15 do 150, ale za każdym razem jest bardzo dużo) miliardów neuronów. Oczywiście liczba połączeń między nimi idzie jeszcze parę rzędów wyżej. Aby to zobrazować, Susan Greenfield, autorka monograficznej pracy o mózgu, porównuje ten układ z liczbą drzew rosnących na 600 tysiącach hektarów dżungli amazońskiej. Gdyby każdemu drzewu odpowiadał jeden neuron, to połączeń (synaps) jest w przybliżeniu między nimi tyle, ile liści na owych drzewach. A jest to dopiero początkiem złożoności procesów, gdyż synapsy tworzą sieć wzajemnych połączeń na całe gamy sposobów i liczba możliwych połączeń jest właściwie nieskończona.

Mówiąc najprościej, mózg składa się z komórek nerwowych, które przewodzą i przekazują bodźce innym komórkom nerwowym. Każda z nich jest zdolna do przyjęcia i przewodzenia bodźca z jednego końca na drugi, gdzie uwalnia substancję chemiczną (neuroprzekaznik) — stanowiącą bodziec dla drugiej komórki. A następnie ładuje się na nowo, przygotowując do przekazania następnego bodźca. W mózgu występuje około pięćdziesięciu neuroprzekazników, z których najważniejsze to **dopamina, adrenalina, noradrenalina, serotonina i acetylocholina**, a każdemu rodzajowi odpowiada specyficzny typ receptora. Dokładniej — kilka, każdy o odmiennej zdolności zapoczątkowania serii chemicznych i elektrochemicznych zdarzeń w komórkach odbierających sygnał.

Neuron przy zewnętrznym oglądzie zwodzi prostotą, ale gdy próbujemy poznać, zrozumieć i opisać jego funkcje zaczynamy zdawać sobie sprawę z niezwyklej złożoności. Przy tym nie można rozważać działania pojedynczego neuronu w oderwaniu od innych. Problemem jest poznanie i zrozumienie ich zróżnicowania i specjalizacji w analizach efektu działań zespołów komórkowych.

Neurony otoczone są komórkami glejowymi (od gr. „klej”) stanowiącymi około 90% substancji mózgu. W zasadzie komórki glejowe spełniają funkcje pomocnicze (odżywcze, izolacyjne, podporowe) w stosunku do neuronów. Pełnią swojego rodzaju służbę przy neuronach, np. oligodendrocyty owijając się wokół aksonów tworzą izolację elektryczną, astrocyty — niewielkie gwiazdziste z wieloma małymi wypustkami — podtrzymują odpowiednie dla neuronów środowisko molekularne i jonowe wchłaniając zbyteczne cząsteczki i dostarczając potrzebne. Ale nowsze badania wykazują, że komórki glejowe też tworzą sieci połączeń i wymieniają między sobą oraz z neuronami informacje, tyle tylko, że są one natury chemicznej, a nie chemiczno-elektrycznej jak w przypadku neuronów. Oznacza to, że komórki glejowe również aktywnie uczestniczą w procesach uczenia się i przechowywania informacji. Mimo że wiemy więcej, to do wyjaśnienia zrobiło się dalej.

Układ nerwowy

Mózg jest zwińczeniem układu nerwowego, który uczestniczy w rejestrowaniu, przekazywaniu i analizie napływających pobudzeń oraz bierze udział w realizacji prawidłowych reakcji adaptacyjnych na zmieniające się warunki świata zewnętrznego i środowiska wewnętrznego. Mózg potrafi magazynować i przetwarzać informacje, samemu pozostając ślepym, głuchym i nieczułym. Wszystkie dane otrzymuje przez kanały sensoryczne z układów nerwowych. Z **układu ośrodkowego** (centralnego) za pośrednictwem narządów zmysłów: dotyku, wzroku, słuchu, węchu i smaku ze świata zewnętrznego oraz z **układu obwodowego** (zwanego też autonomicznym lub wegetatywnym), z wnętrza organizmu przez zakończenia czuciowe. Bodźce te są przyczyną reakcji odruchowych, których podłożem fizjologicznym jest **łuk odruchowy**. Łuk odruchowy składa się z drogi doprowadzającej, która przewodzi pobudzenia od receptora do ośrodka scalającego (jakim jest rdzeń kręgowy i wyżej mózg) oraz drogi odprowadzającej, przenoszącej pobudzenia do narządu wykonawczego (mięśni, gruczołów wydzielania).

Ewolucji biologicznej towarzyszy systematyczny wzrost złożoności organizmów, ale obserwując budowę mózgu i ośrodkowego układu nerwowego dostrzegamy, w jak wielkim stopniu jesteśmy spadkobiercami naszych przedkręgowych przodków. Pierwotny zwój nerwowy był rurowatym wpukleniem skóry zewnętrznej, składającym się z tkanki nerwowej otaczającej

jamę wypełnioną płynem. Podstawowy schemat unerwienia ciała, widoczny u strunowców, w ewolucyjnym rozwoju dziedziczą wszystkie gatunki kręgowców, z człowiekiem włącznie. Ten podstawowy schemat to cewa nerwowa biegnąca wzdłuż ciała i rozrastająca się do mózgu w jego przednim końcu. Na całej długości cewy występują nerwy, które łączą z nią, w możliwie najprostszy sposób, najbliższe połączone części ciała. Z ludzkiego mózgu wychodzi 12 par nerwów czaszkowych. Nerwy czaszkowe mają charakter doprowadzający, wyprowadzający lub są kombinacją obu typów.

Z 26 kręgów rdzeniowych wychodzi 31 nerwów. Wiele z nich łączy się potem w sploty. Po obu stronach kręgosłupa istnieje po pięć splotów. Najślawniejszy z nich to splot słoneczny, stanowiący część współczulnego układu nerwowego. Splecione nerwy rozgałęziają się, łączą i ponownie rozdzielają, tworząc coraz to mniejsze wiązki (co komplikuje zadanie prześledzenia drogi i celu, do którego zmierzają). Ogólny ich schemat jesteśmy w stanie uchwycić dzięki wielu latom doświadczeń chirurgów. Jak pisze Anthony Smit: „Nie ma innych większych połączeń pomiędzy 1,5 kilogramami mózgu i 28 gramami rdzenia a resztą sieci nerwowej. Otrzymywane informacje i wysyłane instrukcje niemal w całości podążają wymienionymi 12 nerwami czaszkowymi lub 31 nerwami rdzeniowymi. Spośród 43 (par) nerwów 3 są wyłącznie odbiorcze (czuciowe), 6 wyłącznie wykonawczych (ruchowych), a reszta, czyli 34 wysyłają i odbierają. Właśnie przez te 37 dróg czuciowych ośrodkowy układ nerwowy dowiaduje się o sytuacji, a przez 40 wysyła do mięśni bodźce, wynikające z tych obserwacji”. Nie wyczerpuje to tematu unerwienia ciała. Istnieje jeszcze autonomiczny układ nerwowy z łańcuchem zwojów. Są też inne sploty z rozgałęzieniami pozwalającymi na łączenie wszystkich części ciała z mózgiem. Ale nas w tym króciutkim szkicu najbardziej interesuje to, co mamy w głowach.

Wiele czynności odbywa się bez udziału wysoko wyspecjalizowanych ośrodków w półkulach mózgowych. Oddychamy, przystosowując częstotliwość oddechu do potrzeb aktualnych potrzeb organizmu, czynne są ruchy przewodu pokarmowego, trwa regulacja szarości naczyń krwionośnych, wydziela się ślina, powstaje pot, obkurcza się śledziona, gruczoły zwiększają lub zmniejszają wydzielanie i wykonywane są inne — choć nie wszystkie — prace utrzymania stałego środowiska wewnętrznego. Zawdzięczamy je **obwodowemu układowi nerwowemu**, składającemu się w istocie z dwu systemów, **współczulnego i przywspółczulnego**. Układy są sobie przeciwstawne. Każdej funkcji układu współczulnego przeciwstawia się funkcja przywspółczulnego. Gdy działanie jednego z układów przyspiesza bicie serca, to drugi je spowalnia. Układ autonomiczny działa na zasadzie ściągania i popuszczania, wagi i przeciwwagi, pociągania w jedną lub drugą stronę. Obie struktury stanowią odrębne jednostki, kontrolowane przez odrębne okolice mózgu i wychodzą poprzez inne odcinki rdzenia kręgowego. Układ współczulny sterowany jest głównie przez podwzgórze mózgu i rdzeń przedłużony, a układ przywspółczulny podlega kontroli śródmózgowia, mostu i rdzenia przedłużonego. Wszystkim, co pozostaje pod kontrolą tych dwóch układów steruje 4,5 gramowe podwzgórze.

Podwzgórze także kieruje przysadką, a ta kontroluje nadnercza. Zasadniczo zarządza ono wszystkimi funkcjami organizmu, które nazywa się prymitywnymi, jak przemiana tłuszczów, przemiana węglowodanów (cukrów), regulacja ilości wody i odczuwanie pragnienia, sen i czuwanie, wzrastanie, cykle układu rozrodczego, łaknienie, sterowanie temperaturą, zmiany średnicy naczyń krwionośnych, wydzielanie w przewodzie pokarmowym, w znacznym stopniu — zachowania, emocje. [5]

Istota stawania się istotą

Mała komórka, stanowiąca główkę plemnika, zagnieźdza się w ogromnej komórce jajowej. Powstaje blastula, a później gastrula. Jak daleko od niej do układu nerwowego przyzwoitego ssaka, o człowieku nie wspominając. Ale już wtedy, podczas procesu wytwarzania trzech pierwotnych blaszek płodowych — ektodermy, mezodermy i endodermy zaczyna być widoczną płytka nerwowa. Wszystkie komórki na początku mają taki sam potencjał, ale wraz z rozwojem następuje ich zróżnicowanie i postępujące ograniczenie. Płytkę nerwową składającą się ze 125.000 komórek jest już neuroektoderma przeznaczoną wyłącznie do stworzenia pewnej części układu nerwowego.

Płytkę w drodze zawinięcia (wpuklenia) przekształca się w rurkę — cewę nerwową. Komórek przybywa, początkowo są uniwersalne (macierzyste), ale wraz z postępującym zróżnicowaniem stają się coraz bardziej przypisane do miejsca i funkcji. Cewa staje coraz grubsza szczególnie na jej głowowym końcu, ale po 8,5 dniach u kurczaka i 4 miesiącach u

człowieka ten proces ulega zatrzymaniu.

Zaczyna się fascynujący proces, gdy rozmaite komórki przemieszczają się, zmieniają swe kształty i wielkości, a odnajdując miejsce przeznaczenia stają się całkowicie zdeterminowane. Nie wiemy, na jakiej zasadzie komórki odnajdują drogę do miejsca przeznaczenia. Wiemy, że układ nerwowy jest najprecyzyjniej ukształtowaną tkanką ustroju. Proszę tylko wyobrazić sobie wędrówkę aksonu z oka do komórki docelowej z drugiej strony mózgu. Aksony często przybywają na miejsce wcześniej od neuronu, z którym mają się połączyć. Te, które nie nawiążą właściwych powiązań — „popęniają samobójstwa” i znikają. Takich „wędrówek” — całych komórek, czy tylko ich wypustek — w procesach okresu rozwojowego są miliardy. Wiemy, że budowę i wzrost tych struktur determinują chemiczne sygnały pochodzące z zewnątrz oraz — coraz bardziej — z wewnątrz, z usamodzielniającego się organizmu. Ale antropomorfizując — nadal ważnym jest pytanie, skąd one wiedzą, dokąd zmierzać i dlaczego tak rzadko przy tym się mylą? Ludzki embriion po trzech tygodniach mierzy około trzech milimetrów, po jedenastu na szczycie kolumny kręgosłupa uwidacznia się wyraźna wypukłość, a po pięciu miesiącach widać w ogólnych zarysach główne części mózgu.

Z najważniejszym aspektem budowy mózgu — jego wewnętrznymi połączeniami spotykamy się późno w rozwoju płodu. Synapsy między neuronami zaczynają się formować około siódmego miesiąca rozwoju. Dalej, jak pisze Susan Greenfield: Dziewięć miesięcy po zapłodnieniu większość neuronów, które w przyszłości uformują nasz mózg, trafia do przypisanych im obszarów. Po dotarciu do miejsca swojego przeznaczenia każdy z nich „zapuszcza korzenie” i zaczyna porozumiewać się z sąsiadami, by wespół z nimi stworzyć sieć połączeń synaptycznych. W nowym mózgu neurony nieprzerwanie „wypuszczają” aksony w celu połączenia się z innymi. Spektakularny wzrost wielkości mózgu uwarunkowany jest właśnie procesami rozwoju międzyneuronalnych złącz komunikacyjnych, a nie wyłącznie wzrostem samych neuronów. Wybitny amerykański badacz mózgu dzieci i nastolatków bezinwazyjną metodą MRI Jay Giedd napisał: „W wieku sześciu lat osiąga on już 95 % swego dorosłego rozmiaru. Ale substancja szara, myśląca część mózgu, w okresie dzieciństwa nadal się zagęszcza, w miarę jak rozwijają się połączenia komórek nerwowych - trochę jak w przypadku drzewa, na którym pojawiają się nowe gałęzie i rozwidlenia. W korze czołowej, a więc na obszarze odgrywającym kluczową rolę przy formułowaniu, organizacji, strategii proces przyrostu substancji szarej osiąga szczytową wartość w wieku około 11 lat u dziewczynek i około 12 lat w przypadku chłopców, mniej więcej w okresie dojrzewania”. Czyli mózg nastolatka nie jest wcale lepiej ukształtowany jak jego ciało.

Jak z powyższego wynika żaden mózg nie jest do końca zaprojektowany, a i biochemia też do końca nie determinuje jego budowy. Dlatego nawet bliźnięta jednojajowe różnią się od siebie, a każdy człowiek jest jedyną i niepowtarzalną jednostką. Wytworem materialnego mózgu jest niematerialny umysł wraz z najbardziej oczywistą i najbardziej tajemniczą jego cechą, jaką jest świadomość. Czyli samowiedza o naszym istnieniu oraz o tym, co aktualnie w naszym umyśle się dzieje. A kiedy uzyskujemy świadomość? Jakby nie spekulować, to chyba nie przed pojawieniem się synaps; ale czego miałyby dotyczyć świadomość płodu? Może wraz z procesem narodzin? Czy wówczas świadomość wcześniaków i świadomość urodzonych w terminie jest taką samą? A może dopiero w jakiś czas po urodzeniu? Po roku, dwu, trzech, a może jeszcze później? Fizjologia na to pytanie nie potrafi jeszcze udzielić odpowiedzi, choć filozoficznie jest ono niesłychanie ważne.

Stawanie się świadomą istotą jest procesem. Dla gatunku była nim ewolucja, w przebiegu której ludzki mózg rozwinął się najbardziej. Proces ten w pewnym (choć znacznie mniejszym niż dawniej przypuszczano) zakresie jest powtarzalny jednostkowo. Początkowo w procesie embrionalnym, a następnie w okresie dziecięco-młodzieżowym, gdy każda jednostka ludzka, wraz ze swym mózgiem, się rozwija.

Nie wiemy i jeszcze przed nami daleka droga, aby zrozumieć, w jaki sposób z jednego zapłodnionego jaja, od którego wszystko się zaczyna, może utworzyć się tak niezwykły układ nerwowy, tak złożonej istoty, jaką jest człowiek. Podejmowane jest szereg badań, mamy coraz lepsze narzędzia, ale nadal powstawanie nawet prostych organizmów jest fascynującą tajemnicą.

Zobaczyć jak to działa!

Mózg nie jest tworem homogenicznym, lecz składa się z wielu wysoko

wyspecjalizowanych obszarów dających się rozróżnić ze względu na kształt i funkcje. Ale jednocześnie żadne funkcje nie mogą zostać przypisane do jednego tylko obszaru, do jednej grupy neuronów, gdyż całość zorganizowana jest w spójny, zintegrowany system.

Wiemy coraz więcej, choć wciąż wiemy niewiele. Przez wiele lat podstawą informacji były efekty świadomych i nieświadomych uszkodzeń mózgu. Rany zadane różną bronią, wypadki, choroby z udarem mózgu na czele, wyzwały łączenie chirurgii z psychiatrią, dając początki neurochirurgii i neurologii. Podejmowano wiele udokumentowanych badań na otwartych żywych mózgach zwierzęcych a nawet ludzkich, starając się zlokalizować poszczególne funkcje. W literaturze przedmiotu opisane są przypadki — często drastyczne — urazów i świadomych ingerencji (np. lobotomii) w strukturę mózgu, wraz ze swoistymi reakcjami i zmianami charakterologicznymi, które zaistniały w wyniku tych uszkodzeń. Wiele poważnych uszkodzeń mózgu (szczególnie dotyczy to kory) nie wpływa w widoczny sposób na zachowanie i poziom intelektualny człowieka, podczas gdy tylko niewielkie przynoszą często ogromne zmiany prowadzące do kalectwa, a nawet do śmierci.

Od początku dwudziestego wieku zaczęto stosować nieinwazyjne badania fal mózgowych. Rozpoczęły od zapisania przez Hansa Bergera fal mózgowych jego syna za pomocą elektroencefalografu (elektrycznego opisywacza głowy) nazwanego w skrócie EEG. Badania te — poza stwierdzeniem, że mózg wytwarza elektrofale różnych długości - tak naprawdę przyniosły niewiele informacji o jego funkcjach i patologiach.

Dzisiejsza aparatura jest coraz bardziej precyzyjna, ale ciągle rezultaty jej stosowania przypominają poznawanie miasta z dużej wysokości po dochodzących do nas dźwiękach.

Od lat 70. zaczęto wprowadzać wciąż udoskonalany system tomografii komputerowej CAT opartej na promieniach X (Roentgena). Od połowy lat 80. uczeni dysponują dwoma nowymi instrumentami badającymi funkcjonowanie żywego mózgu. Są to: **tomografia emisji pozytonu** PET oraz **obrazowanie funkcji rezonansu magnetycznego** fMRI. Podczas przeprowadzania badań PET, które wymagają zastosowania radioaktywnego izotopu tlenu-15, którym znakuje się tlen bądź glukozę, można obserwować pracę mózgu wtedy, gdy się odbywa, a nadal dopracowywana metoda wprowadzenia do neuroprzekazników radioaktywnych atomów pozwala śledzić drogi impulsów nerwowych. Aparatura fMRI wykorzystuje właściwości protonu cząsteczki elementarnej jądra atomu wodoru. Pozwala to na precyzyjne pomiary niewielkich zmian wewnątrz pola magnetycznego w miejscu lokalizacji protonu.

Choć metody te dotychczas stosuje się głównie w medycynie klinicznej, to należy sądzić, że w niedalekiej przyszłości pozwolą one uzyskać najwyższej dokładności mapy i lepiej zrozumieć zasady funkcjonowania mózgu. Zastanawiając się nad budową oraz funkcjami mózgu i jego poszczególnych obszarów musimy mieć świadomość, iż jest on strukturą o najwyższym stopniu złożoności znaną człowiekowi. Dlatego droga do jego pełnego poznania jest jeszcze daleka.

„Forum Klubowe” nr 18/2004 r.

Zobacz także te strony:

[Ewolucja inteligencji](#)

Przypisy:

[1] Do każdego z poruszanych tematów istnieje bogata literatura fachowa opisująca w najdrobniejszych szczegółach efekty badań oraz teorie z nich wynikające. Przy pisaniu tego artykułu korzystałem głównie z literatury popularyzującej wiedzę, co nie przeszkadza, że jej autorami są częstokroć ogromnej kompetencji uczeni. Dlatego myślę, że czytelnikom, którzy nie są fachowcami, a zainteresowały ich poruszone tu problemy - mogą wymienione niżej pozycje polecić.

A. G. Cains-Smith, *Ewolucja umysłu. O naturze i pochodzeniu świadomości*, Warszawa 1998.

William H. Alvin, *Jak myśli mózg?*, Warszawa 1997.

Francis Crick, *Zdumiewająca hipoteza, czyli nauka w poszukiwaniu duszy*, Warszawa 1997.

Susan Greenfield, *Mózg*, Warszawa 1999.

Jay Ingram, *Płonący dom. Odkrywając tajemnice mózgu*, Warszawa 1996.

Anthony Smith, *Umysł*, Warszawa 1989.

James Trefil, *Czy jesteśmy niepowtarzalni? Fenomen ludzkiego umysłu*, Warszawa 1998.

Karl Sagan, *Rajskie smoki. Rozważania o ludzkiej inteligencji*, Poznań 1998.

Znaczną część przemyśleń zawartych w powyższych publikacjach wykorzystuję także w następujących artykułach: *Pomiędzy trąbą słonia a posiłkiem żachwy* oraz *Człowiek - fenomenalne zwierzę*, stanowiących kontynuację rozpoczętej tu problematyki dotyczącej fenomenu człowieka. Do lektury których niniejszym zachęcam.

[2] *Ludzkie życie jest do głębi przepelnione rytuałami i zachowaniami ze świata zwierząt. Materia życia utkana jest z rozumu i ceremoniału, wiedzy, religii, prozy poezji, faktu i snu.* Suzanne Langer, amerykańska filozof.

[3] Smith pisze: "Nazewnictwo mózgu i jego poszczególnych części wymyślono chyba po to, aby każdy student medycyny głęboko przemyślał swą decyzję zostania lekarzem".

[4] Drut jest przewodnikiem i niczym więcej. W aksonie przewodzenie bodźca to zdecydowanie więcej zjawisk - otwieranie kanałów, przesuwanie sodu tam i z powrotem, działanie pomp. Ma ono charakter zmiany fizyko-chemicznej połączonej z przesunięciami elektrycznymi. "Elektrycznym przejawem każdego bodźca nerwowego jest tzw. Iglica, odzwierciedlająca przesunięcie potencjału błonowego pomiędzy -70 a +40 miniwoltami". Za A. Smith. Cyt. wyd.

[5] Smith w cyt. wyd. pisze: - "rodzi się wątpliwość, czy w ogóle w ustroju jest coś czego nie kontroluje podwzgórze (...), a przy tym jest tak małe, jest kolejną wskazówką, że mózg człowieka jest niepotrzebnie wielki jak na swe zadania, albo też posiada on zdolności dotąd nie wykorzystywane i nie przeczuwane".

Andrzej B. Izdebski

Zastępca redaktora naczelnego Dwumiesięcznika Klubów Dyskusyjnych Lewicy "Forum Klubowe".

[Pokaż inne teksty autora](#)

(Publikacja: 09-06-2006)

[Oryginał.](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,4826) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,4826>)

Contents Copyright © 2000-2008 by Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2008 Michał Przech

Autorem tej witryny jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

Właścicielem witryny są Mariusz Agnosiewicz oraz Autor.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane

w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tej witryny i jakiegokolwiek ich części.

Wszystkie strony tego serwisu, wliczając w to strukturę podkatalogów, skrypty JavaScript oraz inne programy komputerowe, zostały wytworzone i są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tej witryny oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz

nie odwiedzać tej witryny i nie korzystać z jej zasobów.

Informacje zawarte na tej witrynie przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów serwisu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na witrynie. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki zawiera.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych serwisu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl