

czy zdarzenie może być widziana i rozumiana inaczej przez drugą osobę. Początkowo rozpoznawanie cudzej perspektywy przejawia się w adekwatnym uwzględnianiu i koordynowaniu działań zmierzających do osiągnięcia wspólnego celu. Potem, wraz z przyswojeniem języka i w konsekwencji wielokrotnego doświadczania różnic pomiędzy własnym i cudzym punktem widzenia, dzieci zaczynają zdawać sobie sprawę, że cudzym działaniem kierują leżące u jego podstaw przekonania, które czasem mogą w sposób błędny odpowiadać rzeczywistości. A kiedy dzieci uświadamiają sobie, że dla zrozumienia i przewidywania działań drugiej osoby ważniejsze jest to, co ona myśli o rzeczywistości (a nie sama rzeczywistość), stają się kompetentnymi mieszkańcami planety Umysł.

Podsumowanie

Podsumowując powróćmy do pytania tytułowego, czy dziecko jest naukowcem w kołysce, czy

mieszkańcem planety Umysł. Siła motywu współdziałania skłaniałaby nas do myśli, że to raczej tezy koncepcji Katherine Nelson są bardziej przekonujące, ale przecież widzieliśmy, jak dziecko rozpoznaje statystyczne prawidłowości, jak sprawdza przyczynowe zależności, a więc nie możemy być pewni, że struktura modelu umysłów innych ludzi, jaki stopniowo powstaje w umyśle dziecka nie jest rodzajem naiwnej teorii, nie składa się z twierdzeń i dowodów, nie jest mentalnym modelem. Uważamy jednak, że odpowiadając na tytułowe pytanie możemy stwierdzić, że obie metafory: dziecka – naukowca i dziecka – mieszkańca planety Umysł są trafne, a zawarte w tytule prezentacji słowo „czy” zastąpić należy słowem „i”. Można przecież po prostu powiedzieć, że naukowcy to przecież wcale nie samotnicy, ale współpracujące ze sobą i komunikujące się umysły, że najlepsze pomysły na rozwikłanie naukowych zagadek powstają, gdy spotyka się społeczność naukowców i wielkie umysły mają szansę się komunikować.

Dr Marta Białecka-Pikul, dr Arkadiusz Białek i mgr Marta Rynda pracują w Laboratorium Psychologii Rozwoju Małego Dziecka Instytutu Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego.



CHIRURGIA UMYSŁU WCZORAJ, DZIŚ I JUTRO

Witold Libionka (Kraków)

Neurochirurgia czynnościowa to dział chirurgii układu nerwowego zajmujący się modyfikowaniem jego funkcji. Obszar zainteresowania neurochirurgii funkcjonalnej jest stosunkowo szeroki – obejmuje zarówno część obwodową układu nerwowego, jak też jego część ośrodkową – rdzeń kręgowy i mózg. Poza możliwością ingerencji w funkcje somatyczne (poprawa sprawności ruchowej, zmniejszenie bólu) i w pewnym stopniu wegetatywne (regulacja krążenia), chirurg ma możliwość modyfikowania wyższych czynności nerwowych – na przykład pamięci, nastroju, co określane jest mianem psychoneurochirurgii, stanowiącej jednocześnie najbardziej dyskusyjną gałąź neurochirurgii czynnościowej.

Wprowadzona w ciągu ostatnich lat technika stymulacji prądem elektrycznym, pozwoliła na modyfikowanie czynności układu nerwowego w sposób w pełni odwracalny, a więc bezpieczny – w większości zastosowań efekt leczniczy pojawia się bezpośrednio po włączeniu stymulacji, a jej przerwanie

powoduje powrót objawów chorobowych. W miarę postępu choroby możliwa jest modyfikacja ustawień parametrów stymulacji (częstotliwości i amplitudy prądu stymulującego), co pozwala na ponowne uzyskanie satysfakcjonującego efektu terapeutycznego. Zanim dokonał się przełom, związany z wprowadzeniem neurostymulacji (bardziej fachowo zwanej neuromodulacją), przeprowadzano zabiegi uszkadzające, polegające na chirurgicznym niszczeniu określonych obszarów mózgowia. Cele anatomiczne identyfikowano niejednokrotnie stosując zasadę prób i błędów, a przy pewnej dozie szczęścia możliwe było zmniejszenie nasilenia prostych objawów motorycznych, co przekładało się na dramatyczną poprawę funkcjonowania pacjentów, którzy odzyskiwali samodzielność i możliwość poruszania się. Trudności związane z tą techniką operacyjną wynikały z małej precyzji, ograniczonej powtarzalności i konieczności dodatkowego uszkadzania mózgu już wcześniej objętego procesem chorobowym. Obserwowana poprawa kliniczna

miała najczęściej charakter przejściowy. Niewątpliwym osiągnięciem poznawczym dokonany przez pionierów neurochirurgii czynnościowej było wykazanie, że bardzo niewielkie obszary mózgu, stanowiące węzły w sieci połączeń komórek nerwowych, mogą odgrywać kluczową rolę w kontroli najważniejszych funkcji wykonawczych układu nerwowego.

Neuromodulacja jest obecnie jednym z najbardziej aktywnie rozwijających się obszarów neurochirurgii, znajdując liczne zastosowania kliniczne. Coraz bardziej dogłębne poznanie fizjologii i patofizjologii obszarów mózgu odpowiedzialnych za ruch, ból, łaknienie, występowanie zaburzeń psychicznych pozwoliło na identyfikację potencjalnych celów anatomicznych dla zabiegów neurochirurgii czynnościowej i pozwoliło na skuteczne zastosowanie tej metody w leczeniu zaburzeń ruchowych (choroba Parkinsona, pourazowe zespoły parkinsonowskie, drżenia, dystonie, spastyczność, mioklonie), zespołów bólowych niepodających się leczeniu farmakologicznemu (ból nowotworowy, denerwacyjne i neuralgie, klasterowe bóle głowy), padaczki oraz zaburzeń psychiatrycznych (zespoły natręctw, stany lękowe, lekooporna depresja, agresja, schizofrenia), otyłości, chorobie Alzheimera i zaburzeniach pamięci, a nawet u chorych z zaburzeniami świadomości po uszkodzeniu ośrodkowego układu nerwowego.

Aktualnie stosowane urządzenie (ryc. 1) wyglądem przypomina rozrusznik serca – składa się z baterii połączonej z generatorem impulsów elektrycznych, przewodu oraz elektrody.

Cały układ implantowany jest podskórnie: generator impulsów umieszczony jest najczęściej poniżej obojczyka i za pomocą przewodu łączy się go z elektrodą stymulującą, chirurgicznie implantowaną w wybranym obszarze mózgu. Gdy zabieg ma wywołać efekt obustronny konieczne jest obustronne wszczęcie elektrod. Po włączeniu stymulacji przepływający prąd w sposób odwracalny modyfikuje aktywność drażnionego obszaru, prowadząc do czynnościowej poprawy u pacjenta. Praca stymulatora regulowana jest telemetrycznie za pomocą programatora. Dostępne są już na rynku modele umożliwiające przezskórne ładowanie baterii z wykorzystaniem zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

Pomimo dużej i ciągle rosnącej popularności stymulacji struktur głębokich mózgu, czego przejawem jest szybki wzrost liczby leczonych tą metodą pacjentów, mechanizm jej działania nie został w pełni wyjaśniony. Efektywność kliniczna tej metody sprawiła, że została ona szeroko wdrożona do praktyki medycznej jeszcze zanim zdołano poznać jej efekty na poziomie komórkowym. Aktualnie wiadomo, że

stymulacja głęboka mózgu powoduje zarówno inhibicję (zmniejsza lub całkowicie blokuje miejscową aktywność komórek nerwowych i – w efekcie – czynnościowo wyłącza stymulowaną tkankę), jak i pobudzenie określonych struktur neuralnych, a obserwowane na poziomie komórkowym efekty działania w dużej mierze zależą od struktury docelowej i metodyki stymulacji. Jeszcze do niedawna nie wiadomo, które efekty komórkowe odgrywają kluczową rolę w odniesieniu do redukcji objawów klinicznych, a które mają charakter epifenomenów. Więcej światła na mechanizm działania stymulacji rzuciły – *nomen omen* – badania z wykorzystaniem światła laserowego. Mowa tu o badaniach z zakresu niedawno wyodrębnionej nowej dziedziny nauki – optogenetyki. Naukowcy z Uniwersytetu Stanford w USA wyhodowali myszy transgeniczne, u których w sposób wybiórczy w ściśle określonych populacjach komórkowych ośrodkowego układu nerwowego produkowane są wrażliwe na światło błonowe kanały jonowe, pochodzące od sinic lub bakterii. Choć brzmi to skomplikowanie idea jest prosta – za pomocą wszczepianych do mózgu światłowodów można przy zastosowaniu światła laserowego o określonej barwie, odmiennej dla poszczególnych kanałów, z dużą częstotliwością je otwierać. Przekłada się to na pobudzenie lub hamowanie określonej grupy komórek. Efekt jest podobny do następstw stymulacji elektrycznej, jednak ma charakter znacznie bardziej wybiórczy. W konsekwencji po raz pierwszy wykazano, że to pobudzenie grupy komórek łączących korę mózgową z obszarami podkorowymi ma kluczowe znaczenie dla obserwowanej klinicznie poprawy w chorobie Parkinsona. Budzi to nadzieje na znalezienie nieinwazyjnej metody stymulacji powierzchniowych obszarów mózgu, bez konieczności ingerencji chirurgicznej w jego głębi. Metodą tą może okazać się dobrze znana, stosowana w psychiatrii i neurologii, przezczaszkowa stymulacja magnetyczna.

Z drugiej strony wyjaśnienie mechanizmu stymulacji głębokiej mózgu na poziomie komórkowym i molekularnym, poznanie mechanizmów receptorowych odpowiedzialnych za jej wystąpienie może mieć kluczowe znaczenie dla wprowadzenia farmakologicznych metod wspomagających lub wręcz zastępujących inwazyjną procedurę implantacji elektrod. Jest to o tyle istotne, że oprócz bezsprzecznych korzyści chirurgiczna manipulacja w obszarach głębokich mózgu niesie ze sobą pewne ryzyko. Krwotok czy niedokrwienie występują na szczęście bardzo rzadko. Wyższe jest natomiast ryzyko wystąpienia efektów ubocznych związanych z objęciem stymulacją obszarów sąsiadujących z planowanym celem. Opisano przypadki, w których leczenie głęboką stymulacją

więzało się z halucynacjami, stanami depresyjnymi, hiperseksualnością, większą skłonnością do hazardu czy deficytami w przetwarzaniu informacji.

Neuromodulacja, podobnie jak zabiegi uszkadzające, nie jest metodą leczenia przyczynowego, lecz ma charakter leczenia objawowego. Przywraca ona zaburzoną przez chorobę równowagę w zakresie ośrodków centralnego układu nerwowego, natomiast nie powoduje restytucji utraconej funkcji podlegających zwyrodnieniu obszarów mózgu. Z tego powodu podejmuje się obecnie nowatorskie próby odbudowy uszkodzonych struktur drogą przeszczepów tkankowych, terapii genowej lub lokalnych iniekcji czynników wzrostowych. Przeszczepy tkankowe, choć wydają się najbardziej naturalnym i definitywnym rozwiązaniem w przypadku chorób neurodegeneracyjnych, prowadzą do rozwoju ruchowych objawów ubocznych. Związane jest to z autonomiczną, a więc niepodlegającą mechanizmom regulującym, produkcją neuroprzekaźników. W celu ograniczenia nasilenia obserwowanych objawów ubocznych paradoksalnie zastosowano neuromodulację. Idąc dalej, można przewidywać, że równoczesne zastosowanie przeszczepów komórkowych i neurostymulacji bezpośrednio w obszarze implantowanych komórek pozwoli na pełną kontrolę ich aktywności. Podobne rozwiązanie może ograniczyć ryzyko związane z terapią genową, polegające na generowaniu potencjalnie groźnych mutacji. Najnowszą metodą stosowaną w neurochirurgii czynnościowej jest długotrwały wlew czynników wzrostowych działających neuroprotekcynie oraz stymulujących różnicowanie komórek w kierunku pożądaných linii neuronalnych.

Niewątpliwie jednak najbliższa przyszłość należy do neuromodulacji. W przeciwieństwie do przeszczepów tkankowych metoda ta uzyskała powszechną akceptację, a liczba zoperowanych na całym świecie pacjentów przekracza sto tysięcy. Liczba publikacji naukowych i nowych zastosowań tej metody rośnie lawinowo, a uzyskiwane efekty są spektakularne. Postęp technologiczny dotyczący charakterystyki prądu stymulującego, geometrii i liczby elektrod, potencjalne efekty neuroprotekcjne oraz postęp w poznaniu mechanizmów działania pozwalają liczyć na dalszy rozwój metody. Jediną konkurencyjną – lub raczej komplementarną – metodą leczenia wydaje się być nowoczesna, pozbawiona efektów ubocznych farmakoterapia.



Ryc. 1. Pacjentka z obustronnie wszczepionymi układami do stymulacji głębokiej mózgu (dzięki uprzejmości Medtronic Poland, S.A.).

Dr Witold Libionka, Klinika Neurochirurgii i Neurotraumatologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński.



NEURONAUKI I NATURA LUDZKA

Włodzisław Duch (Toruń)

Tradycyjne myślenie o naturze ludzkiej nie uległo większej zmianie od średniowiecza. Nadal opierając się na głęboko zakorzenionych iluzjach popartych naiwną introspekcją. Coraz lepiej rozumiemy jednak naturę procesów podejmowania decyzji, jak i naturę iluzji, stwarzanych przez mózg. Wielu ludzi wdaje się w dyskusje na temat świadomości nic nie wiedząc o mózgu i nie dysponując aparatem pojęciowym, pozwalającym zrozumieć stosunkowo proste zjawiska fizyczne, nie mówiąc już o takich złożonych zagadnieniach jak budowa komputera czy telefonu

komórkowego. Już 1600 lat temu powstał dialog króla Milindy z buddyjskim mędrcem Nagaseną, w którym pada pierwsza sensowna odpowiedź na pytanie „Skąd się biorą skłonności?”. Nagasena odpowiada pytaniem:

- Kiedy pada deszcz, dokąd płynie woda?
- Będzie płynąć po pochyłościach gruntu.
- A gdyby deszcz spadł ponownie, dokąd by płynęła woda?
- Płynęłaby w tym samym kierunku, co pierwsza woda.