

Zegarmistrzowie języka



ELŻBIETA SZELAĞ

Pracownia Neuropsychologii, Instytut Biologii
Doświadczalnej im. M. Nenckiego
Polska Akademia Nauk, Warszawa
Katedra Neurorehabilitacji
Szkoła Wyższa Psychologii Społecznej, Warszawa
e.szelağ@nencki.gov.pl

Prof. Elżbieta Szelağ interesuje się mechanizmami
neuropsychologicznymi leżącymi u podłoża funkcjonowania
poznawczego człowieka, a zwłaszcza percepcji czasu
i czasowej dynamiki opracowywania informacji.

**Postrzeganie czasu jest dla funkcjonowania
ludzkiego umysłu kluczowe. Jego zaburzenie
powoduje trudności np. w komunikacji językowej.
Prowadzone przez nas badania pokazują,
jak można naprawić zepsuty „zegar neuronalny”
u osób z trudnościami w porozumiewaniu się**

Programowanie i wykonywanie ruchów, podejmowanie decyzji, uwaga, przyswajanie nowych informacji, pamięć i oczywiście język. Wszystkie te funkcje poznawcze osadzone są w „przedjęzykowych” mechanizmach neuronalnych, kształtujących działanie sieci neuronalnej i charakteryzują się określoną dynamiką, czyli przebiegiem w czasie. Mierzone w milisekundach interwały stanowią neuronalny wzorzec (matrycę), na podstawie którego umysł przetwarza informacje. Uszkodzenia mózgu, choroby neurodegeneracyjne u dorosłych lub neurorozwojowe u dzieci mogą powodować rozregulowanie tego wzorca.

Znaczące milisekundy

Bodźce, które nieustannie napływają do mózgu człowieka – często w szybkim następstwie czasowym – są przetwarzane sekwencyjnie, ponieważ ich jednoczesna analiza mogłaby doprowadzić do szybkiego przeciążenia sieci neuronalnej. Dlatego też tak ważne są mechanizmy integrujące, czyli scalające jednostkowe zdarzenia, działające w odpowiednich, ściśle zdefiniowanych „oknach czasowych”. Mózg jest w stanie odróżnić od siebie bodźce, jeśli dzielą je odstępy (interwały) długości przynajmniej 40 milisekund. Na tej właściwości opiera się komunikacja językowa. Najkrótsze głoski (spółgłoski zwarte) typu t, d, k, g, p, b trwają w różnych językach na-

turalnych właśnie ok. 40 milisekund. W mowie naturalnej nie ma możliwości ich wydłużenia, ponieważ wtedy wybrzmiewa następująca najczęściej po spółgłosce samogłoska. Tak krótki czas trwania spółgłosek stwarza kłopoty osobom z deficytami czasowego opracowywania informacji. Pacjenci z zaburzeniami matrycy czasowej mają więc trudności w różnicowaniu słów typu „Tomek – domek” czy „półka – bułka”. Mniejsze problemy sprawia percepcja spółgłosek szczelinowych (s, z, w, f) oraz samogłosek, które w mowie naturalnej możemy wydłużyć nawet do 200 milisekund.

Oprócz zegara milisekundowego na zachowanie człowieka wpływa także mechanizm o zakresie rzędu kilku sekund. W takim mniej więcej rytmie tworzymy w wypowiedziach słownych logicznie ciągi wyrazów (frazy). Żeby wypowiedź została właściwie odebrana, po grupie słów musi nastąpić przerwa potrzebna słuchaczowi do właściwego odbioru informacji, a mówcy do zaplanowania kolejnej frazy. Co ciekawe, taki kilkusekundowy rytm nie zależy od języka, w którym tworzone są teksty – taka sama rytmika charakteryzuje polski, niemiecki czy angielski, ale także języki tonalne, np. chiński. Kilkusekundowa rytmizacja jest widoczna również w aktywności ruchowej – tyle właśnie czasu zajmuje gest pozdrowienia przez machanie ręką czy skinienie głową oraz przywitanie przez podanie ręki. Uścisk dłoni trwający dłużej lub krócej jest odbierany jako znaczący, uciążliwy lub nieprzyjemny, ponieważ wypada z typowych ram czasowych, w jakich działa mózg. Mowę i ruch kontroluje podobny program neuronalny, co wynika z reprezentacji neuroanatomicznej – obszary czuciowo-ruchowe odpowiadające za ruch i mowę leżą blisko siebie w pierwotnej okolicy ruchowej płata czołowego. Właśnie z powodu tego sąsiedztwa terapia logopedyczna często daje pozytywne efekty, jeśli obejmuje również ćwiczenia ręki.

Podobna do języka mówionego segmentacja czasowa występuje w języku migowym, a niesłyszące dzieci nabywające język migowy jako macierzysty przechodzą podobne etapy rozwoju mowy, jak ich słyszący rówieśnicy. Różnica dotyczy jedynie wyjścia „z systemu”, które w języku mówionym następuje przez poprzek aparat artykulatory, a w migowym – przez ruchy ręki.

Neuronalni gracze

Twórcą koncepcji mechanizmów czasowych kontrolujących porozumiewanie się za pomocą języka jest klasyk badań nad mózgiem Ernst Pöppel z Instytutu Psychologii



Jakub Osiałowski

Wielu osobom pomaga klasyczna terapia logopedyczna (na zdjęciu zajęcia w Szkole Podstawowej nr 212 w Warszawie). Jeśli – mimo prawidłowego prowadzenia oraz dobrej motywacji pacjenta – nie przynosi ona oczekiwanych rezultatów, należy się zastanowić nad koniecznością optymalizacji działania sieci nerwowej.

Medycznej Uniwersytetu Monachijskiego, który od wielu lat – wspólnie z zespołem Pracowni Neuropsychologii IBD PAN – prowadzi badania nad neuronalnym podłożem zaburzeń mowy. Jego teoria jest od niemal 20 lat wykorzystywana w praktyce klinicznej. Michael Merzenich z Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Francisco oraz Paula Tallal z Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego w pionierskiej pracy opublikowanej w „Science” w 1996 roku udokumentowali pozytywne skutki terapii opartej na przestrajaniu mózgowego „zegara” u dzieci opóźnionych w rozwoju mowy. Początkowo ich program badawczy obejmował zestaw ćwiczeń do biernego słuchania przekształconej komputerowo mowy, którą spowolniono nawet o połowę w stosunku do zwykłej prędkości, z jaką wymawiane są wyrazy. W nagraniach tych dodatkowo wzmocniono akustycznie trudniejsze percepcyjnie spółgłoski zwarte, dzięki czemu stawały się bardziej wyraziste dla słuchacza. Korzystanie z programu przynosiło imponujące rezultaty: już po czterech tygodniach ćwiczeń opóźnienie mowy u leczonych dzieci istotnie się zmniejszało. Wkrótce program został rozwinięty w pełną wersję o nazwie Fast ForWord, która stała się znanym w USA narzędziem terapeutycznym.

Program składa się z zestawu gier komputerowych o atrakcyjnej oprawie graficznej, w których odgłosy wydają zwierzęta, kosmici, urządzenia itp. W zależności od ćwiczenia zadaniem dziecka jest wskazanie źródła dźwięku, reakcja na jego pojawienie się, trwanie lub zakończenie, a także porządkowanie dźwięków we właściwej sekwencji. Prawidłowe odpowiedzi są nagradzane punktami, a po wykonaniu serii ćwiczeń użytkownik przechodzi do następnego etapu, w którym dźwięków jest więcej, są trudniejsze do rozróżnienia i pojawiają się w coraz szybszym tempie.

Jednak mimo rozpowszechnienia Fast ForWord w amerykańskich szkołach i poradniach w środowisku naukowym trwa polemika na temat jego skuteczności. Wskazuje się przede wszystkim braki programu, wśród których na pierwszym miejscu należy wymienić problem z odpowiednią adaptacją językową i kulturową wersji nieanglojęzycznych – w Polsce np. możemy wykorzystać jedynie niewielką, niewerbalną część całego zestawu. Poza tym wszystkie ćwiczenia dotyczą percepcji w zakresie milisekundowym – program pomija kolejne kluczowe zakresy czasowe, tak ważne dla funkcjonowania poznawczego. Wreszcie Fast ForWord nie zawiera części diagnostycznej,

która pozwoliłaby ocenić przed zakupem, czy pacjent faktycznie wykazuje na deficyt czasowego opracowywania informacji, czy też mogłaby mu pomóc klasyczna terapia logopedyczna.

Znaleźć właściwe słowo

W Pracowni Neuropsychologii Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN prowadzone są badania dotyczące usprawniania poznawczego człowieka, przede wszystkim w zakresie kompetencji językowej. Kilka lat temu rozpoczęliśmy prace nad programem terapeutycznym dostosowanym do języka polskiego. Będzie on zawierał ćwiczenia mające na celu usprawnienie czasowej dynamiki opracowywania informacji, ale znajdzie się w nim także szereg zadań poprawiających funkcje poznawcze (niezwiązane z językiem).

Pierwsza, eksperymentalna wersja programu była przeznaczona dla dorosłych pacjentów z objawami afazji po udarach mózgu, których częstym skutkiem jest utrata kompetencji językowej. Niektórzy pacjenci nie rozumieją kierowanych do nich wypowiedzi. Inni mają problemy z płynnym wypowiadaniem się, więc ograniczają frazę często nawet do jednego wyrazu. U jeszcze innych występują problemy ze znalezieniem właściwego słowa – osoba taka, patrząc np. na filiżankę, powie „to okrągłe, nieduże z białym do trzymania”. Kłopoty wielu tych pacjentów wynikają ze zniszczenia sieci neuronalnej kształtującej czasowe przetwarzanie informacji. Celem naszych ćwiczeń jest więc usprawnienie matrycy neuronalnej stanowiącej podstawę percepcji języka. U korzystających z niego pacjentów nastąpiła poprawa percepcji czasu oraz przeniesienie korzystnych rezultatów na niećwiczoną domenę językową, a także na pozajęzykowe funkcje poznawcze.

Nie tylko język

Osoby w podeszłym wieku często wykazują deficyty pamięci krótkotrwałej, mają problemy z przyswajaniem nowych informacji oraz trudności z uwagą, podejmowaniem decyzji, planowaniem czynności itp. Według klasycznych teorii związane z wiekiem deficyty są nieodwracalne, bo wiążą się ze zmianami neurodegeneracyjnymi w sieci neuronalnej, jednak współcześnie – w oparciu o wyniki licznych badań – przyjmuje się, że zaburzone funkcje można przywrócić poprzez odpowiedni trening.

Nasze badania, pionierskie w skali światowej, pokazały skuteczność terapii treningu czasowego u seniorów wykazujących deficyty poznawcze, które nie były związane z uszkodzeniami układu nerwowego ani chorobami neurodegeneracyjnymi. Uzyskane przez nas wyniki zdobyły uznanie w świecie naukowym, a nasza publikacja została uznana przez redaktora naczelnego czasopisma „Restorative Neurology and Neuroscience” za pracę roku.

Ochotników w wieku 65-75 lat podzieliliśmy losowo na trzy grupy. Pierwsza uczestniczyła w treningu z wy-



Jakub Osipowski

Polski program terapii mowy powstaje w ramach grantu INMET z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Weryfikację jego skuteczności wykonujemy we współpracy naukowej z Ośrodkiem Wczesnej Interwencji (OWI) kierowanym przez Monikę Kastory-Bronowską oraz z Zespołem Kliniki Geriatrii WUM kierowanym przez prof. dr. med. Krzysztofa Galusa, także z Uniwersytetami Trzeciego Wieku. Po przeprowadzeniu walidacji i fazy komercjalizacji program będzie dostępny dla odbiorców indywidualnych oraz poradni, a licencje będą ogólnodostępne i niedrogie. Użytkownicy będą mogli z niego korzystać za pomocą komputerów stacjonarnych i laptopów, a także tabletów.

Opisane w tekście badania finansowane były w ramach polsko-niemieckiego grantu nr 507/1/N-DFG/2009/0 oraz grantu INNOTECH-K1/IN1/30/159041/NCBR/12 z NCBR

korzystaniem programu komputerowego usprawniającego dynamikę czasowego opracowywania informacji, druga miała do dyspozycji tradycyjne gry komputerowe pozbawione aspektu czasowego, trzecia – kontrolna – nie uczestniczyła w żadnym treningu. We wszystkich grupach porównaliśmy sprawność poznawczą oraz efektywność czasowego przetwarzania informacji przed serią treningów oraz po jej zakończeniu. Istotna poprawa czasowego opracowywania informacji oraz pamięci i uwagi nastąpiła tylko w grupie pierwszej. W drugiej zaobserwowaliśmy jedynie poprawę w rozpoznawaniu dźwięków, w kontrolnej nie było żadnych zmian. Badania odroczone pokazały, że pozytywne efekty w grupie pierwszej utrzymywały się jeszcze półtora roku po zakończeniu eksperymentu.

Cierpliwość to nie zawsze cnota

Zaburzenia komunikacji językowej dotyczą około 30% dzieci na świecie. W tej grupie wiekowej zajmujemy się opóźnieniem rozwoju mowy i języka. U wielu z nich rozwój motoryczny i intelektualny przebiega prawidłowo, a zaburzona jest jedynie domena językowa (Specyficzne Upośledzenie Rozwoju Językowego, Specific Language Learning Impairment), co można stosunkowo łatwo wyrównać poprzez systematyczne ćwiczenia logopedyczne. Rozwojowe opóźnienie mowy utrzymuje się jednak

u części dzieci mimo intensywnej rehabilitacji. Trudności z leczeniem tej dysfunkcji wiążą się między innymi z występowaniem w rozwoju mowy okresów krytycznych, których przeoczenie może doprowadzić nawet do tego, że dziecko nie osiągnie pełnej sprawności językowej. Lekarze często błędnie uspokajają rodziców i zalecają cierpliwość, kiedy ich trzyletnie dziecko potrafi wymówić jedynie kilka wyrazów. W takiej sytuacji łatwo jednak przegapić okres krytyczny dla rozwoju mowy, związany z intensywnym rozwojem sieci neuronalnej. Dziecko, które mimo stosunkowo dobrego rozwoju intelektualnego zacznie posługiwać się pełnymi zdaniami dopiero w wieku 8 lat lub później, nigdy nie zostanie kompetentnym użytkownikiem ojczystego języka.

Rozwajowe opóźnienie mowy nie jest zaburzeniem jednorodnym, a problemy językowe mogą mieć różne przyczyny. Do najczęstszych należą zaburzenia dotyczące wyłącznie sfery językowej, ale równie często pojawiają się zaburzenia we wspomnianej wyżej domenie przedjęzykowej. Defekt taki zwykle nie jest spowodowany uszkodzeniem mózgu lecz deficytem funkcjonalnym polegającym na nieprawidłowym opracowywaniu informacji przez sieć neuronalną. Zaburzenia te, związane z nieprawidłową percepcją czasu, są uporczywe i trudne do rehabilitacji, a u niektórych dzieci mogą wiązać się z zaburzeniem różnicowania częstotliwości dźwięków mowy. Również z myślą o takich pacjentach tworzymy nasz program terapeutyczny.

Wszyscy będziemy sprawniejsi

Nasze programy treningowe okazały się przydatne nie tylko dla seniorów i dzieci, ale też dla młodych, zdrowych ochotników. Ich trening był intensywny – obejmował tygodniowo cztery godzinne sesje powtarzane przez osiem tygodni. Po jego zakończeniu, na podstawie badań elektrofizjologicznych i funkcjonalnego rezonansu magnetycznego, stwierdziliśmy zmianę wzorców opracowywania informacji na poziomie elektrofizjologicznym i neuroanatomicznym. Efekty te dodatkowo okazały się trwałe.

Terapie modyfikujące pracę zegara neuronalnego wydają się więc bardzo obiecujące i niewykluczone, że to do nich właśnie należy przyszłość rehabilitacji. Całkiem możliwe, że będziemy też z nich korzystać, żeby szybciej uczyć się, sprawniej myśleć i lepiej się koncentrować. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Szeląg E., Lewandowska M., Wolak T., Seniów J., Poniatowska R., Pöppel E., Szymaszek A. (2014). Training in temporal information processing ameliorates auditory comprehension in aphasic patients: a randomized controlled pilot study. *Journal of the Neurological Sciences* (w druku).
- Bao Y., Szymaszek A., Wang X., Oroń A., Pöppel E., Szeląg E. (2013). Temporal order perception of auditory stimuli is selectively modified by tonal and non-tonal language environments, *Cognition*, 129, 579-585.
- Szeląg E., Skolimowska J. (2012). Cognitive function in elderly can be ameliorated by training in temporal information processing. *Restorative Neurology and Neuroscience* 30. 419-434.
- Lewandowska M., Piątkowska-Janko E., Bogorodzki P., Wolak T., Szeląg E. (2010). Changes in fMRI BOLD response to increasing and decreasing task difficulty during auditory perception of temporal order. *Neurobiology of Learning and Memory* 94. 382-391.

— autopromocja —

ACADEMIA

cyfrowa

Jesteśmy w sieci: www.naukaonline.pl
Jesteśmy mobilnie: **App Store, Google Play**

