

## Teoria poliwalgalna: trzy obwody neuronalne regulujące nasze zachowania reaktywne

Autonomiczny układ nerwowy funkcjonuje zupełnie inaczej niż można dzisiaj przeczytać we wszystkich książkach do anatomii. Tego przełomowego odkrycia dokonał w 1995 roku, amerykański naukowiec z Uniwersytetu Illinois, profesor Stephen Porges. W wyniku intensywnych badań nad poligenezą człowieka (historią gatunku) oraz zachodzących w organizmie procesów neuronalnych Porges doszedł do wniosku, że układ przywspółczulny jest w części grzbietowej i brzusznej nerwu błędnego podzielony na dwie części spełniające dwie różne funkcje. Dzięki jego odkryciu można wytłumaczyć społeczne zachowania człowieka. Teoria poliwalgalna odgrywa ważną rolę w procesie leczenia traumy, zaburzeń autystycznych, chorób psychicznych, lęków, zaburzeń zachowania (deficyty koncentracji uwagi i problemy z uczeniem się) oraz innych, mających wpływ na jakość życia wielu rodzin. Chcielibyśmy serdecznie podziękować panu profesorowi za pozwolenie przetłumaczenia na język polski tekstu artykułu, który ukazał się (w wersji angielskiej) pod koniec 2002 roku na łamach czasopisma „Scientific Agenda” wydawanego przez Amerykańskie Towarzystwo Psychologiczne.

### Prof. dr Stephen W. Porges\*

W wyniku ewolucji w układzie nerwowym człowieka powstały nowe systemy neuronalne, jednocześnie powodując zmianę starych. Mózgi wczesnych kręgowców w dużym stopniu przypominają nasz pień mózgu. Ta prymitywna część składa się głównie z obwodów neuronalnych umożliwiających utrzymanie równowagi metabolicznej i zapewnia odpowiednią ochronę funkcjonowania narządów wewnętrznych (trzewi). U człowieka i innych ssaków kieruje ona utrzymaniem funkcji życiowych, jednak w toku ewolucji część ta została neuronalnie połączona z mózgowymi strukturami wyższego rzędu.

Mózgi ssaków zużywają ogromne ilości tlenu i w przeciwieństwie do prymitywnych mózgów wcześniejszych kręgowców, szybciej doznają nieodwracalnych uszkodzeń w momencie drastycznego obniżenia się tego składnika we krwi.

Wzrost neuronalnej złożoności będącej odpowiedzią na zmiany środowiska spowodował, że mózgi ssaków mogą reagować kompleksowym zachowaniem tak, aby nie zakłócać homeostazy w układzie pokarmowym. Wynikiem tego ewolucyjnego procesu jest skomplikowany i rozbudowany system neuronalny zdolny do uczenia się, rozwiązywania problemów, wyrażania wielu emocji oraz budowania więzi społecznych.

### Sprzężenie zwrotne między trzewiami a strukturami mózgowymi wyższego rzędu

Umiejętność odróżniania przyjaciół od wrogów jest ssakom niezbędna do przeżycia. Muszą umieć trafnie oceniać, czy znajdują się w bezpiecznym otoczeniu. Muszą też być zdolne do komunikowania się w grupie społecznej. Te ważne życiowo zachowania warunkują różne potrzeby metaboliczne i powiązane są, poprzez specyficzne stany fizjologiczne z autonomicznym układem nerwowym. Układ ten nie jest tylko układem obwodowym. Obejmuje on również struktury pnia mózgu, które dzięki autonomicznym połączeniom nerwowym kontrolują stan i pracę narządów wewnętrznych (np. serca,

płuc, jelit itp.). Dzięki nerwom aferentnym (wstępującym), narządy wewnętrzne przesyłają informacje do wyższych struktur mózgowych. Te z kolei, dzięki nerwom eferentnym (zstępującym), wpływają na funkcjonowanie narządów jamy brzusznej. To uproszczony opis sprzężenia zwrotnego ukazuje sposób, w jaki sposób środowisko oraz subiektywne doświadczenia mogą wpływać na stany fizjologiczne ssaków, umożliwiając radzenie sobie z ograniczeniami pojawiającymi się w otoczeniu.

## Zmiany filogenetyczne w nerwie błędnym

W ostatnim dziesięcioleciu wysunęliśmy i przetestowaliśmy teorię tłumaczącą proces ewolucji prymitywnego autonomicznego układu nerwowego kręgowców w układ autonomiczny żyjących obecnie ssaków. Układ ten posiada szczególne właściwości funkcjonalne: reguluje pracę narządów wewnętrznych tak, by wspomagać zachowania socjalne.

Teorię tą nazwaliśmy teorią poliwalgalną (Porges, 1995, 1997, 1998, 2001), aby podkreślić zmiany filogenetyczne jakie nastąpiły w nerwie błędnym – nerwie czaszkowym, który stanowi pierwotną podstawę autonomicznego układu nerwowego. Nerw błędny prymitywnych kręgowców nie posiada osłonek mielinowych. Nerw błędny ssaków składa się zarówno ze zmielinizowanej jak i niezmielinizowanej części eferentnej (zstępującej). Obie te części różnią się między sobą funkcjonalnie, wychodzą z różnych obszarów pnia mózgu i wspomagają różne adaptacyjne strategie zachowań.

## Trzy strategie behawioralne

Zgodnie z teorią poliwalgalną istnieją trzy strategie behawioralne, które warunkują:

1. zaangażowanie społeczne (min. dzięki mimice, umiejętności słuchania i wokalizacji);
2. mobilizację (tj. reakcję walki czy ucieczki)
3. dysocjację (udawanie śmierci, apatię, bezsilność, omdlenie, unikanie jakiegokolwiek aktywności)

**System zaangażowania społecznego**, rozumiany jako aktywny udział w życiu społecznym, pojawia się tylko u ssaków i zależy od funkcjonowania zmielinizowanych włókien ruchowych nerwu błędnego. Ta zmielinizowana część nerwu błędnego wspiera zachowania spokojne i aktywnie hamuje wpływ układu sympatycznego na serce oraz tłumi aktywność w obrębie osi podwzgórze-przysadka-nadnercza.

Inaczej działa, zależny od układu sympatycznego, system **mobilizacyjny** wspierający reakcję walki lub ucieczki. Najbardziej prymitywny filogenetycznie obwód umożliwiający **dysocjację**, zależy od niezmielinizowanej (wegetatywnej) części nerwu błędnego, która występuje u prawie wszystkich kręgowców. Teoria sugeruje, że oprócz charakterystycznego dla ssaków obwodu, warunkującego zaangażowanie społeczne, zachowały one również starsze filogenetycznie obwody neuronalne występujące u innych kręgowców. Aktywacja starszych układów regulacyjnych następuje w sposób hierarchiczny, uruchamiając w pierwszej kolejności ewolucyjnie nowsze obwody.

## System nakierowany na kontakty społeczne

Ssaki posiadają więc wewnętrzny system umożliwiający im kontaktowanie i porozumiewanie się między sobą, zwany systemem zaangażowania społecznego (social engagement system). Posiada on struktury neuronalne odpowiedzialne za zachowania społeczne składające się z dwóch komponentów: z części autonomicznej i somatycznej. Zmielinizowany fragment nerwu błędnego jest pośrednikiem w

części autonomicznej i jak opisano to wyżej – odpowiada za spokojne zachowanie. W skład części somatomotorycznej wchodzi różne nerwy czaszkowe, które razem noszą nazwę „specjalnych eferentnych dróg trzewnych” (prowadzących m. in. do jelit). System kontaktów społecznych posiada ośrodki kontroli w korze mózgowej (górne neurony ruchowe), które regulują jądro pnia mózgu (dolne neurony ruchowe). W ten sposób kontrolowane są mięśnie twarzy (w celu wyrażania emocji), mięśnie ucha środkowego (aby przykładowo wyodrębnić ludzki głos spośród szumu otoczenia), mięśnie przeżuwaczy (w celach trawiennych), mięśnie krtani i gardła (pozwalające na wokalizację i mowę), mięśnie umożliwiające kręcenie głową (pozwalające na wykonywanie gestów i wspomagające orientację) oraz otwieranie i zamykanie powiek umożliwiające widzenie.

Mięśnie te z jednej strony funkcjonują razem jako filtr ograniczający socjalną stymulację (np. obserwacja twarzy rozmówcy czy słuchanie), z drugiej zaś umożliwiają aktywną reakcję na zaistniałą sytuację społeczną. Kontrola neuronalna tych mięśni określa doświadczenia socjalne jednostki. Ponadto pierwotne motoneurony (niższego rzędu) wychodzące z pnia mózgu bezpośrednio współdziałają z częścią autonomiczną, a dokładniej ze zmielinizowaną częścią nerwu błędnego. Powoduje to spowolnienia akcji serca, obniżenie ciśnienia krwi oraz aktywne tłumienie pobudzenia. Dzięki temu możliwe jest zachowanie spokoju – dopasowanie metaboliczne do rozwoju i stabilizacji neurofizjologicznej organizmu.

## Ewolucja ucha środkowego człowieka

Dochodzące ze środowiska dźwięki uderzając w błonę bębenkową powodują jej drżenie. Powstałe wibracje poprzez kosteczki słuchowe (młoteczek, kowadełko i strzemiączko) zostają przesłane dalej w głąb ucha. Zmiana napięcia mięśnia strzemiączkowego (kontrolowanego przez gałąź nerwu twarzowego) i napinacza błony bębenkowej (kontrolowanego przez gałąź nerwu trójdzielnego) reguluje sztywność kosteczek słuchowych. Jeśli kosteczki słuchowe są usztywnione, to dostające się do ucha wewnętrznego niskie dźwięki zostają stłumione. Funkcjonalne zadanie tych mięśni polega na znacznym zmniejszeniu postrzegania pochodzących ze środowiska akustycznego dźwięków o niskiej częstotliwości tak, aby ułatwić wyodrębnianie charakterystycznych dla ludzkiego głosu dźwięków o wyższej częstotliwości. W otoczeniu naszym często dominują głośne dźwięki o niskich częstotliwościach, co powoduje, że delikatne brzmienie głosu ludzkiego w wyższych częstotliwościach jest przez nie tłumione. Odpowiednie napięcie mięśnia strzemiączkowego regulującego pracę kosteczek słuchowych, zapobiega u ludzi powstawaniu tego zagłuszającego efektu (patrz Borg & Counter, 1989).

W toku ewolucji gadów rozluźniły się struktury kości szczęki i pojawiły się kosteczki słuchowe dzisiejszych ssaków. Powstanie ucha środkowego umożliwiło człowiekowi słyszenie dźwięków o stosunkowo niskim natężeniu i wysokiej częstotliwości (np. dźwięki wokalizacji) również wówczas, kiedy środowisko akustyczne zdominowane jest przez dźwięki o częstotliwościach niskich. Ta filogenetyczna innowacja umożliwiła pierwszym ssakom komunikację na częstotliwościach niesłyszalnych dla gadów, którym kostna transmisja dźwięków umożliwia słyszenie tylko dźwięków niskich. Umiejętność słyszenia przenoszonych w zdominowanym przez hałas o niskiej częstotliwości powietrzu dźwięków o niskim natężeniu i wysokiej częstotliwości była możliwa dzięki napięciu mięśni ucha środkowego i usztywnieniu kosteczek słuchowych. Bez niej ssaki utracą swoją przewagę i delikatne dźwięki wokalizacji zagłuszone będą przez pojawiające się w otoczeniu dźwięki o niskiej częstotliwości.

## Kliniczne zastosowanie teorii poliwalgalnej

Opisanie filogenetycznie uzasadnionej hierarchii stanów autonomicznych uzasadniającej wiedzę o „wyzwalaczu” powodującym ich degradację, umożliwi nowe badania nad nietypowym, często powiązanim z różnymi zaburzeniami psychicznymi, zachowaniem socjalnym. Teoria poliwalgalna podkreśla, że system nerwowy ssaków wrażliwy jest nie tylko na informacje płynące ze środowiska oraz dostrzeganie stresu i zagrożenia, ale potrafi również w przewidywalnej kolejności szybko za pośrednictwem różnych stanów neuronalnych reorganizować się. Teoria poliwalgalna zmusza nas do spojrzenia na niebezpieczne zachowania socjalne z innej perspektywy. Podkreśla, że zakres zachowań społecznych ograniczany jest przez stan fizjologiczny jednostki. Mobilizacja i dysocjacja są strategiami przystosowawczymi pojawiającymi się w odpowiedzi na przykładowo strach.

Postanowiliśmy sprawdzić tę teorię: punktem wyjściowym była hipoteza, że dzięki nerwowej regulacji struktur pnia mózgu (będącego częścią systemu odpowiedzialnego za podejmowanie w chwilach spokoju i odprężenia kontaktów społecznych) poprawi się spontaniczne zachowanie społeczne.

## Stymulacja akustyczna regulacji neuronalnej

Opracowaliśmy, polegającą na stymulacji akustycznej, interwencję mającą na celu usprawnienie regulacji komunikacji socjalnej. Testujemy ten pomysł poprzez obserwację zachowań społecznych dzieci ze zdiagnozowanym autyzmem. Sama zaś interwencja bazuje na następujących, opartych o teorię poliwalgalną, zasadach:

- Po pierwsze reguluje obszar pnia mózgu, który wpływa zarówno na występującą tylko u ssaków zmielinizowaną część nerwu błędnego, jak i na mięśnie głowy w tym mięśnie twarzy, mięśnie ucha środkowego, jamy ustne, krtani i gardła. Mięśnie te funkcjonują wspólnie ze zmielinizowaną częścią nerwu błędnego w formie zintegrowanego socjalnego dialogu. Umożliwia to spokojne zachowanie oraz kontrolę nad wzrokiem, słuchem, mową i mimiką. Jeżeli nie występuje neuronalna regulacja tej somatomotorycznej części, pojawiają się problemy z ekspresją twarzy (mało wyrazista mimika, opadnięte powieki, zaburzony rytm/melodia wypowiedzi [zaburzona tzw. prozodia] oraz zredukowana zdolność słuchania). Dysfunkcja tego autonomicznego składnika ogranicza zdolność regulacji zachowania i utrzymania spokoju, gdyż w układzie autonomicznym dominuje jego część współczulna (sympatyczna). Ta zaś z kolei wspiera reakcje obronne walki i ucieczki. Interesującym wydaje się być to, że te autonomiczne funkcje i wyraz twarzy często wiążą się z występowaniem psychopatologii (takich jak np. autyzm, depresja, zachowania agresywne i zespół stresu pourazowego), ze stanami emocjonalnymi pojawiającymi się w sytuacjach problemowych (np. uczucie smutku, wściekłości, gniewu, samotności) lub w czasie choroby (np. AIDS, gorączka, a nawet starość).
- Po drugie ważną rolę odgrywają mięśnie ucha środkowego, dzięki którym z naszego akustycznego środowiska wyeksponowany może być głos ludzki. Struktury ucha środkowego nie potrafią aktywnie przefiltrować, dominujących we współczesnym, uprzemysłowionym akustycznym środowisku, niskich częstotliwości. Jeśli napięcie mięśni w uchu środkowym jest niewystarczające, to pojawiają się trudności w zrozumieniu ludzkiego głosu i sensu wypowiedzi. Tego typu problemy słuchowe mogą zaistnieć u osób mających dobry słuch (rozumiany jako normalnie funkcjonujący ślimak, nerw słuchowy i regiony mózgu odpowiedzialne za przetwarzanie informacji akustycznych).

- Po trzeci nerwowa regulacja mięśni ucha środkowego jest neuroanatomicznie powiązana z mięśniami kontrolującymi mimikę oraz intonację głosu. Stymulacja tych mięśni powoduje więc również możliwe do zaobserwowania pozytywne zmiany w wyrazie twarzy, spojrzeniu i wokalizacji.

We współpracy z moją koleżanką Olgą Bezhenovą opracowana została interwencja umożliwiająca regulację korową pozwalającą na włączenie socjalnego systemu komunikacji, w taki sposób, aby pobudzić spontaniczne zachowania socjalne, których brak u dzieci z autyzmem. Trzeba zaznaczyć, że reprezentujemy tutaj model optymistyczny: zakładamy, że wiele dzieci mających problemy z zachowaniem społecznym mają neuroanatomicznie i neurofizjologicznie nienaruszony system zaangażowania społecznego a ich problemy związane są tylko i wyłącznie z deficytami funkcjonalnymi. Po to, aby wystąpiły zachowania społeczne musi być stymulowana korowa regulacja systemu pnia mózgu kontrolująca pracę mięśni głowy. Według założeń teorii poliwalgalnej zachowania społeczne i umiejętność komunikowania pojawiają się spontanicznie, kiedy tylko uruchomiona zostanie korowa regulacja pnia mózgu, jako naturalna właściwość tego biologicznego systemu. Tak więc sama interwencja postrzegana jest jako „stymulacja” i „ćwiczenia” każdego nerwu regulującego pracę mięśni głowy.

## Uzupełnienie pełnego spektrum częstotliwości

W celu stymulacji systemu nakierowanego na kontakty społeczne, komputerowo zmieniono nagrania piosenek dziecięcych, usuwając z nich wszystkie częstotliwości nie będące częstotliwościami głosu ludzkiego. Powstało w ten sposób pięć 45-minutowych programów. Każdy z nich zawierał dodane stopniowo częstotliwości tak, aby część końcowa zawierała ich pełne spektrum. Stymulacja akustyczna odbywała się przy wykorzystaniu słuchawek, a dzieci znajdowały się w sali zabaw. Przez pięć kolejnych dni dzieci słuchały kolejno po jednym programie. Zgodnie z założeniami teorii prowadzący, wspólnie z rodzicem dziecka, starali się, aby w czasie słuchania było ono spokojne. Zachowania oceniane było według ustalonego wcześniej klucza, przy użyciu kwestionariusza dla rodziców i z pomocą nagrań wideo.

We wstępnych badaniach udział wzięło ok. 100 dzieci z zaburzeniami ze spektrum autyzmu w wieku od 3 do 5 lat. Zostały one podzielone na kilka grup:

- Pierwsza poddana została zmienionej stymulacji akustycznej,
- Druga nosiła słuchawki, ale nie została poddana żadnej stymulacji akustycznej,
- Trzecia słuchała normalnej, niezmienionej muzyki,
- Czwarta została tylko oceniona.

Uzyskane podczas badania dane pokazały wyjątkową skuteczność zastosowania komputerowo zmodyfikowanej stymulacji akustycznej. W grupie badanych dzieci szczególnej zmianie uległa wrażliwość słuchowa i wyraźnie polepszona została zdolność komunikowania się. Pozytywne wyniki uzyskano także w trakcie, mającej miejsce trzy miesiące po zakończeniu badań, kontroli. Wraz z poprawą zachowań społecznych zmniejszyła się ilość koniecznych interwencji ze strony rodziców. Ta praktyczna obserwacja zgodna była również ze sformułowaną wcześniej teorią. Obecnie poszerzmy zakres badań odnoszących się do możliwości interwencyjnych zarówno wśród dzieci, jak i dorosłych z autyzmem oraz wśród dzieci z opóźnionym rozwojem mowy.

Literatura:

*Porges, S.W. (1995). Orienting in a defensive word: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A Polyvagal Theory. Psychophysiology, 32, 301-318.*

*Porges, S.W. (1997). Emotion: An evolutionary by-product of the neural regulation of the autonomic nervous system. In C. S. Carter, B. Kirkpatrick, & I. I. Lederhendler (eds.), The Integrative Neurobiology of Affiliation, Annals of the New York Academy of Sciences, 807, 62-77.*

*Porges, S.W. (1998). Love : An emergent property of the mammalian autonomic nervous system. Psychoneuroendocrinology, 23, 837-861.*

*Porges, S.W. (2001). The Polyvagal Theory: Phylogenetic substrates of a social nervous system. International Journal of Psychophysiology, 42, 123-146.*

*\*Prof. dr Stephen W. Porges jest profesorem na Uniwersytecie Illinois w Chicago, gdzie razem z żoną prof. dr Sue Carter kieruje the Brain -Body Center w Instytucie Psychiatrii. Jego teoria poliwalgalna dała teoretyczne podstawy do prowadzenia programów badawczych, w których testowane są wyniki neurobiologiczne, ich wartość kliniczna oraz możliwości zastosowania w praktyce.*

Możliwe podsumowanie:

- 1) W procesie ewolucji pierwotna część mózgu kierująca utrzymaniem funkcji życiowych pozostała ale została neuronalnie połączona z nowymi strukturami mózgowymi charakterystycznymi dla ludzi i innych ssaków.
- 2) Nerw błędny prymitywnych kręgowców nie posiada osłonek mielinowych. Tylko ssaki posiadają zarówno zmielinizowaną jak i niezmielinizowaną eferentną część nerwu błędnego.
- 3) Dzięki takiej budowie nerwu błędnego ssaków promowane może być spokojne zachowanie, możliwy jest wpływ układu sympatycznego na pracę serca oraz tłumiona może być aktywność w obrębie osi podwzgórze-przysadka-nadnercza (HPA).
- 4) Regulacja stanów autonomicznych jest hierarchiczna i w pierwszej kolejności uruchamiane są nowsze ewolucyjnie obwody.
- 5) W naszym otoczeniu dominują często głośne dźwięki o niskich częstotliwościach co powoduje, że delikatne dźwięki głosu ludzkiego o wyższych częstotliwościach są przez nie zagłuszane.
- 6) Teoria poliwalgalna zmusza nas do spojrzenia z innej perspektywy na niepokojące zachowania socjalne.

**Z języka niemieckiego tłumaczyła: Hanna Dufner, 2011**