

W sferze percepcji nieświadomej

# Błędnik – szósty zmysł



**MACIEJ POKORA**

Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Warszawa  
Polska Akademia Nauk  
maciej.pokora@ibib.waw.pl

Dr Maciej Pokora prowadzi badania nad hipokinezą – patogennymi deficytami motoryki, w tym projekty dotyczące uwarunkowań niedostatku aktywności fizycznej i profilaktyki poprzez monitorowanie funkcji oddechowej w normie, inercyjną stymulację oscylacyjną w warunkach snu oraz zastosowanie ortotyki dla restytucji lokomocji po urazach rdzenia kręgowego

**Wciąż mało wiadomo o zmyśle, którego funkcji nie czujemy, lecz odczuwamy dotkliwie jego dysfunkcje, gdy tylko się pojawią**

Badanie złożoności przyrody z zastosowaniem kartezjańskich podziałów i zbyt wielu uproszczeń, w dodatku przy mylnym założeniu, że zjawiska percepcji w procesach poznawczych zachodzą głównie w sferze świadomości, prowadzi zazwyczaj do błędnych wyników. Uświadamiają to badania funkcjonującego poza naszą świadomością błędnika. Nieświadome funkcjonowanie części naszych zmysłów powoduje omyłki w ocenie otoczenia i trudności w obiektywizacji ukrytych w sferze psychiki zjawisk percepcyjnych. Stąd potrzeba zachowania ostrożności

wobec immanentnej ułudności procesów poznawczych zachodzących zawsze z udziałem zmysłów. Przestrzegali nas już przed tym wielcy filozofowie z różnych kultur i epok, m.in. Budda, Parmenides czy Immanuel Kant. Znamienna jest kariera zawodowa Austriaka Ernesta Macha (1838–1916), który jako inżynier interesował się mechaniką, potem dużymi prędkościami, następnie błędnikiem, aby w końcu zostać... filozofem.

## W sferze nieświadomej

Zmysł równowagi funkcjonuje całkowicie w sferze nieświadomej, czego następstwem są trudności w poznaniu jego działania, a także w jego diagnozowaniu. Zdaniem paleontologów postawa dwunożna uwolniła nam ręce, umożliwiając operowanie narzędziami, a to z kolei stymulowało rozwój mózgu poprzez abstrakcyjne myślenie i praktyczne działanie. Stymulowany dwunożnością błędnik walczy przyczynił się do rozwoju naszej świadomej cywilizacji. Sprawność zmysłu równo-

Rzeczywistość jest zmienna. Wewnętrzne przeciwieństwa są przyczyną rozwoju. Wszystko jest w wiecznym ruchu – panta rhei. Informacje od zmysłów przetwarza rozum

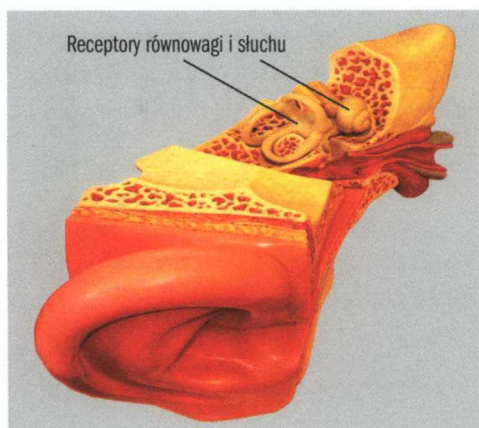
Heraklit (ok. 540-480 p.n.e.)  
przez jemu współczesnych  
zwany „Ciemnym”



Robert Linde, www.ssc.hu



Zmysł równowagi funkcjonuje całkowicie w sferze nieświadomej, a ponadto błędnik ukryty jest w jamach czaszki, czego następstwem są trudności w dostępie, poznaniu jego działania i w diagnozowaniu



University of Strathclyde

wagi jest niezbędna dla orientacji, a także dla wytwarzania antygravitacyjnych odruchów posturalnych podczas stania, chodu, biegu, skoków oraz innych ewolucji. Nawet podczas siedzenia i leżenia błędnik bywa pomocny.

Pierwszy opis anatomii błędnika autorstwa Szwajcara Albrechta von Hallera pochodzi z roku 1786. Dziś wiemy, że receptoraми parzystych błędników jest 6 kanałów półkolistych oraz 4 plamki otolitowe zbudowane z ok. 20 000 włosowatych komórek nerwowych. Ich klasa oraz liczba są podobne jak w sąsiadującym narządzie słuchu. Błędnik uzupełniony wzrokiem oraz matrycą receptorów kinestetycznych rozlokowanych na całym ciele dla podświadomego czucia stanów napięć mięśni, ścięgien i więzadeł, obciążeń kości, kątów, nacisków oraz prędkości w stawach z wyspecjalizowanymi ośrodkami mózgu w mózdzku i hipokampie stymuluje rozwój umysłu w okresie dziecięcym, zapewnia wyczuwanie kierunku, przestrzeni i balansowanie ciałem, wspomaga czytanie, komunikowanie się oraz kontrolę otoczenia, tj. pomaga nam w zapewnieniu bezpieczeństwa.

Plamki otolitowe są wrażliwe przede wszystkim na przyspieszenia liniowe, a zdaniem niektórych autorów także kątowe i niekiedy również na siły grawitacji. Według badań NASA otolity paradoksalnie zapewniają precyzyjniejsze, chociaż nieświadome, poczucie kierunku przemieszczania się po linii niż zmysł wzroku. Natomiast kanały półkolisty uważa się za receptory wrażliwe selektywnie tylko na przyspieszenia kątowe.

### Model błędnika

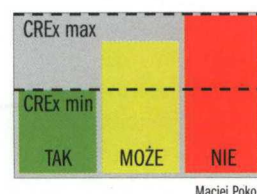
Asumptem dla podjęcia badań błędnika była chęć wyjaśnienia intuicyjnego przechyłu głowy w bok lub w tył, zauważonego u pa-

cientów sparaliżowanych, pionizowanych po raz pierwszy po urazie rdzenia kręgowego. Mój bioprzepływowy model *Combined Rotational Exposure* (CREx) jest próbą wyznaczenia kierunkowej czułości błędnika błoniastego. Wiedza o czułości błędnika dla różnych kierunków oddziaływań stwarza nowe możliwości, np. korzystniejszego ułożenia głowy osoby nadwrażliwej podczas kołysania. Idea modelowania CREx polegała na zsumowaniu względnych wartości wyeksponowania każdego z sześciu przewodów półkolistych błędnika na chwilowy wektor rotacji głowy, ze standaryzacją wynikowej wartości maksymalnej do jedynki. Dla uproszczenia przyjąłem, że wszystkie kanały półkolisty zachowują swoje ustawienia kątowe, ale znajdują się w punkcie centralnym głowy, oraz że chwilowa oś obrotu głowy przechodzi przez ten punkt, a głowa jest „odcięta”, tzn. pozbawiona więzów, co umożliwia swobodne jej rotowanie wokół osi centralnej zorientowanej dowolnie. Za miarę elementarnej ekspozycji danego kanału standardowo przyjąłem moduł kosinusa kąta zawartego między aktualnym wektorem rotacji a normalną do płaszczyzny kanału.

Z modelu wynika, że stopniowanie ekspresji konwencjonalnymi gestami głowy od akceptacji, poprzez niepewność, do negacji koreluje z sumaryczną ekspozycją kanałów półkolistych, bo gestom: TAK MOŻE NIE odpowiadają narastające wartości wskaźnika CREx: 0,5 0,8 1.

Gestykulacja głową angażuje poszczególne przewody czule kierunkowo na tę stymulację w całym dostępnym aktywnym zakresie ekspozycji błędnika na rotacje. Ekspresji pośredniej MOŻE odpowiada też pośrednia wartość CREx, co wydaje się wykazywać, że procesy kulturowe są sprzężone z biologią. Natomiast submaksymalna ekspozycja przy oscylacjach rotacyjnych wokół osi głowy ma związek z bezpieczeństwem, polepszona rozdzielczość kontroli obrotu wokół osi pionowej wspomaga bowiem precyzyjne pozycjonowanie głowy i okulomotorykę, a tym samym skuteczność skanowania otoczenia.

Bodaj z podobnych przyczyn ten gest jest typowo skojarzony z ekspresją NIE, negując coś, narażamy się bowiem na atak. Według



Maciej Pokora

Wartości wskaźnika CREx dla konwencjonalnych gestów głowy



## W sferze percepcji nieświadomej

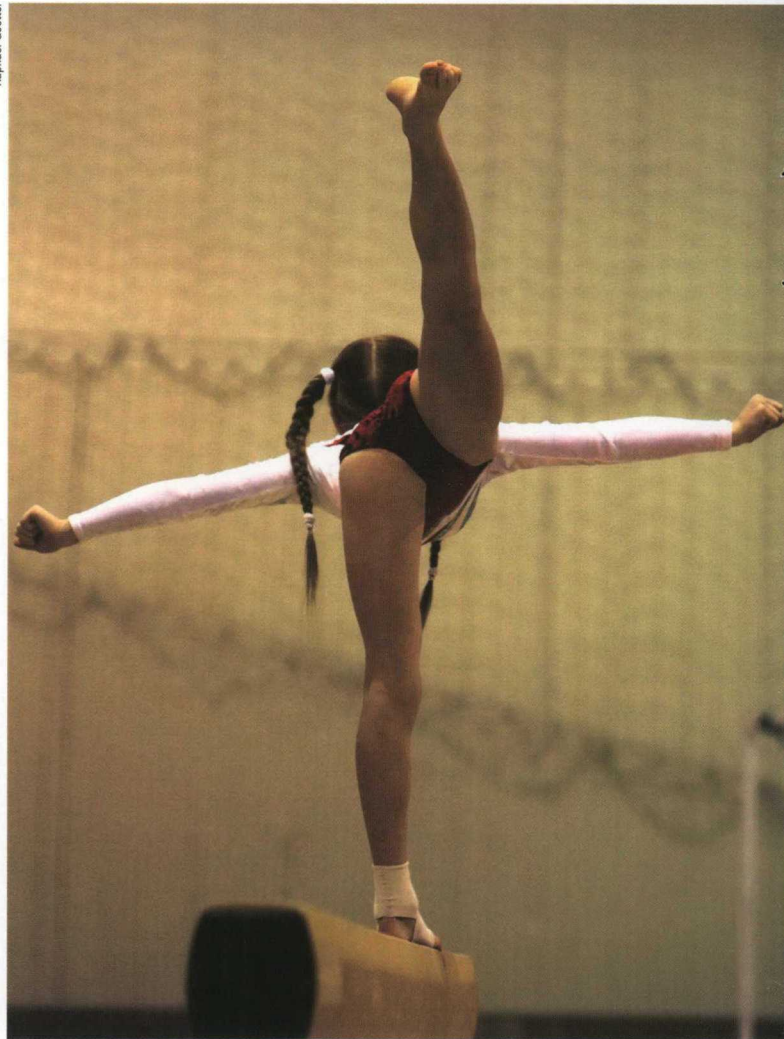
własnej hipotezy przy negowaniu utrwalilo się u naszych przodków jako odruch ewolucyjnie korzystny przezorne rozglądanie się na boki, które z czasem stało się synonimem wyrażenia NIE. Odmienne wyrażanie ekspresji gestami głowy przez Greków oraz Bułgarów potwierdza zasadę, iż wyjątki są regułą każdej reguły.

Przy bocznych przechyłach głowy i mikro-ruchach testujących w płaszczyźnie strzałkowej szacunkowy wzrost wartości wskaźnika CREx może osiągać do 20%. Po przechyleniu głowy, przez zmianę wizualnego stereotypu pion-poziom ważnego dla wspomaganego wzrokiem odruchów antygravitacyjnych, u pacjentów po urazach rdzenia szybciej mogą się wykształcić nowe mechanizmy równowagi. U osoby przenoszącej chybliwy ładunek z głową przechyloną na bok, czasem także u dziecka przeciwwaga nie musi być jedynym tego powodem wobec prawdopodobnych korzyści tej pozycji dla działania błędnika. Zgodność modelu CREx ze stereotypami zachowań zarówno w deficytach neuromotorycznych, jak i w normie wydaje się potwierdzać prawidłowość doboru procedury modelowania oraz założeń upraszczających.

Zainteresowanie tymi wynikami wyrazili specjaliści, m.in. prof. Dan Merfeld z Harvard University oraz prof. Nicholas Wade z Dundee University (Szkocja), a dr Stuart Smith po wykładzie o CREx w University College Dublin przybył do Warszawy w poszukiwaniu możliwości połączenia doświadczeń i wysiłków dla opracowania metody diagnostyczno-terapeutycznej dla osób narażonych na upadki. Dysfunkcje błędnika coraz częściej objawiają się także u osób młodych, co może być skutkiem zbyt intensywnego korzystania z telefonów komórkowych. Przy tej sposobności okazało się, że dr Smith do badania charakterystyk kierunkowych plamek otolitowych błędnika podczas stażu podoktorskiego w NASA Ames Research Center w Kalifornii wykorzystywał m.in. system do diagnozowania dysleksji opracowany w IBIB PAN przez zespół doc. Jana Obera.

Chociaż błędnik poprzez uwolnienie rąk przyspieszył ewolucję człowieka, to dopiero w XX wieku został uznany przez fizjologów za zmysł, co spowodowało, że na siódmej pozycji znalazła się jeszcze mniej poznana intuicja, która podświadomie dostarcza nam informacji o nas samych i o świecie. Istnienie

Raphael Goetter



zmysłu błędnika już nie jest dziś kwestionowane, ale intuicja wciąż bywa albo jest mylona z instynktem, a także błędnie nazywana szóstim zmysłem.

### Błędy nawet w patentach

Skoro błędnik pomaga nam mniej błędzić, to jego „błędne” nazewnictwo (ang. *labyrinth*) jest dopiero początkiem serii błędów. Przykładem takiego błędu jest pewne zamieszanie patentowe. Zwiększenie czułości przechyleniem na bok rurki ukształtowanej w wypukły łuk i wypełnionej cieczą oraz pęcherzykiem gazu jest podstawowym zastrzeżeniem w moim patencie na wzorowany na błędniku przepływowo-inercyjny wskaźnik nachylenia i przyspieszenia. Urządzenia tego typu są znane od wieków, ale nikt przed 1997 rokiem nie zastrzegł szczególnej cechy takiego czujnika, który, gdy jest przechylony na bok, działa z odpowiednio większą czułością.

**Sprawność zmysłu równowagi jest niezbędna dla orientacji i wytwarzania antygravitacyjnych odruchów posturalnych podczas stania i chodzenia, a także innych ewolucji – biegu, skoków, tańca, pływania i nurkowania**

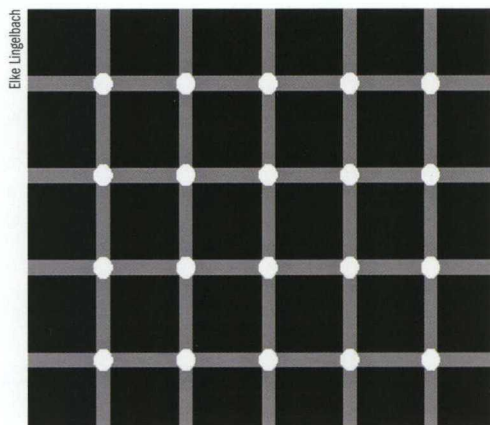


Patent przyznano po niemal 7 latach, po udowodnieniu, że przechylenie znane już urządzenia może mieć zdolność patentową. [Pokora M. Wskaźnik cieczowy nachylenia oraz przyspieszenia. Patent PL 188317, 2004]. W takim czujniku bąbelek gazu przesuwają się w kierunku przyspieszenia, pozornie przecząc III prawu Newtona. Prawdopodobnie zbyt skupienie uwagi na ruchomym pęcherzyku spowodowało, że pracujący niezależnie ode mnie specjaliści z renomowanej firmy motoryzacyjnej, autorzy podobnego czujnika do wyzwalania poduszki powietrznej podali omyłkowe, sprzeczne z prawami fizyki oznaczenia kierunków na rysunkach zarówno przy swoim oryginalnym patencie DE 3815938/1988, jak i potem w patencie USA. Urząd Patentowy RP nakazał mi usunięcie tej uwagi z projektu opisu, kierując się zapewne zaufaniem do renomowanej firmy motoryzacyjnej oraz niemieckiej rzetelności technicznej. Dopiero prosty test pomógł zweryfikować stan faktyczny.

Czy można uniknąć błędów bez uświadomienia sobie ich genezy? Badania zjawisk neurofizjologicznych wskazują, że zarówno zbyt mała, jak i zbyt duża wiedza nie są korzystne dla jakości procesów decyzyjnych. Dlatego należałoby korzystać z tego, co wiemy, dopóki nie wiemy zbyt dużo. Natomiast badania na zwierzętach sugerują, że szanse przetrwania są nieco większe, jeżeli w wypadku, gdy podejmowana decyzja nie może być optymalna, to jest przynajmniej podjęta raczej za wcześnie niż za późno.

Gdy poznamy mechanizmy nieświadomego popełniania błędów oraz jeżeli uznamy, iż na tym tle dochodzi często do interpersonalnych różnicowań, zwiększy się nasze zrozumienie zjawisk mało zrozumiałych, w tym być może i przyczyn konfliktów. Nawet osoby potrafiące liczyć mają trudności z policzeniem czarnych kropek pojawiających się w strefach widzenia peryferyjnego na siatce Hermanna (modyfikacje: Hartline i in. 1956,

Baumgartner 1960, Bergen 1993, Lingelbach 1995). To przykład, jak nieobiektywne i złudne jest nasze postrzeganie rzeczywistości. Tę i inne cechy fizjologii już znamy, ale wyjaśnienie stanów naszej świadomości oraz podświadomości, a także kolejnych tajemnic poznania zmysłowego pozostaje przed nami. Rozsądna jest filozofia buddyjska zakładająca, że stany wzajemnie sprzeczne mogą współwystępować. Chociaż trudna, ułatwia ona zrozumienie m.in. zjawisk kwantowych.



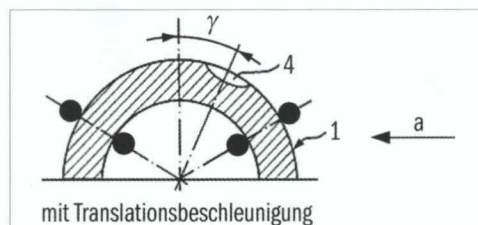
Na siatce Hermanna widać dosłownie czarno na białym, jak bardzo nieobiektywne i jak złudne jest nasze „obiektywne” postrzeganie rzeczywistości

Połączenie wiedzy z dziedziny biologii oraz techniki prowadzi do powstawania nowych wynalazków oraz metod diagnostycznych i terapeutycznych, a niekiedy pozwala również na poszerzone i pogłębione wnioski o charakterze ogólnym. Wobec wysokiego stopnia złożoności obiektów biologicznych kartezjański imperatyw kategoryzacji zjawisk i wyspecjalizowanie dyscyplin podwyższa ryzyko przeoczenia subtelnych oddziaływań istotnych dla właściwego funkcjonowania biosystemu. Prosty test Hermanna Lingelbach przypomina nam, jak bardzo *humane errarum est...*

#### Chcesz wiedzieć więcej?

- Pokora M. (2008). Hipokineza – patogeny deficytu motoryki – oraz sposoby i przykłady przeciwdziałania jej. *Mechanika w Medycynie*, 9, 177–187.
- Pokora M. (2007). The LETOR orthosis. *A Report of ISPO-USAID-WHO Consensus Conference on Appropriate Lower Limb Orthotics for Developing Countries, Hanoi 2006*, 273–280.
- Pokora M. (2005). Patogeny deficytu motoryczny snu i koncepcja prewencji oddziaływaniami harmonicznymi. *BioAlgorithms and MedSystems*, 1, 89–98.
- Pokora M. (2003). Model błędniaka – interpretacja wyników – wybrane aspekty aplikacyjne. *Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna*, 534–539.

Pod wpływem sił inercji drobiny cieczy w rurce przesuwają się do tyłu i jako cięższe wypierają lżejszy pęcherzyk gazu do przodu. Ale czy aby na pewno?



W patencie DE3815938 – opis rysunku: z przyspieszeniem liniowym