

# ŚWIAT NAUKI

Wrzesień 2007

Nr 9 (193)

Cena 10 zł 99 gr (w tym 7% VAT)

www.swiatnauki.pl

Drobne ruchy oka  
pomagają widzieć i zdradzają ukryte myśli

# UMYSŁ W OKADRGNIENIU

**ROLNICTWO  
PRZYSZŁOŚCI**  
Grunt to korzeń

**CENTRUM  
OBLICZENIOWE**  
Z dostawą do domu

**ELEKTRYCZNY  
ZMYŚŁ**  
Jak rekiny lokalizują zdobycz?

Nieświadome błyskawiczne ruchy oczu, niegdyś lekceważone jako tiki nerwowe, w dużej mierze odpowiadają za naszą zdolność widzenia. Mogą także zdradzać nasze myśli

Susana Martinez-Conde  
i Stephen L. Macknik

# Co widać w drgnieniu

## W SKRÓCIE

- Nawet utkwione w jakimś punkcie oczu drgają niezauważalnie, co odgrywa ważną rolę w procesie widzenia.
- Znaczenie tzw. fiksacyjnych ruchów oczu, z których największe nazwano mikrosakadami, roztrząsano i kwestionowano przez dziesięciolecia. Autorzy dowiedli, że kiedy fiksujemy spojrzenie, mikrosakady są odpowiedzialne za widzialność nieruchomych obiektów, przy czym większe i szybsze lepiej pełnią tę funkcję.
- Mikrosakady mogą również zdradzać ukryte myśli i pragnienia. Najnowsze wyniki badań pokazują, że kierunek tych ruchów wskazuje na położenie obiektu, który przyciąga naszą uwagę, bez względu na to, gdzie akurat patrzymy.

Gdy czytamy, nasze oczy gwałtownymi skokami przebiegają linijki tekstu z lewa na prawo, zatrzymując się na kolejnych słowach. Kiedy patrzymy na czyjąś twarz, wzrok błądzi to tu, to tam, spoczywając na chwilę to na jednym, to na drugim oku, na nosie, ustach i innych częściach twarzy. Wystarczy odrobina koncentracji, by wyczuć liczne zmiany napięcia mięśni oczu podczas omiatania wzrokiem kartki papieru, twarzy rozmówcy lub odległej scenarii.

Te duże, celowe ruchy, nazywane sakadami, to jedynie niewielka część codziennej porcji ćwiczeń wykonywanych przez nasze oczy. Właściwie nigdy nie przestają się one poruszać, nawet gdy skupimy spojrzenie na przykład na czymś nosie albo na żaglówce kołyszącej się na horyzoncie. Kiedy wzrok koncentruje się na czymś, a tak dzieje się przez 80% czasu naszego czuwania, oczy nadal skaczą i drgają niezauważalnie w sposób, który jak się okazuje, odgrywa ważną rolę w procesie widzenia. Gdyby podczas przyglądania się czemuś można było zatrzymać te miniaturowe ruchy, statyczne elementy w polu widzenia zniknęłyby nam z oczu.

JENS NIETH zefai/Corbis (fotografia); JEN CHRISTIANSEN (kompozycja i obróbka)

A close-up, high-contrast image of a green human eye. The eye is centered in the frame, with a white crosshair overlaid on it. A small red dot is positioned at the center of the crosshair, directly over the pupil. The word "OKA" is written in large, bold, white, sans-serif capital letters across the left side of the eye. The background is dark, making the eye and the white crosshair stand out prominently.

**OKA**

Neuronaukowcy,  
badając  
minimalne  
nieświadome  
ruchy oczu,  
mogą poznawać  
sposób  
kodowania  
świadomych  
spostrzeżeń  
wzrokowych  
w mózgu.

Dopiero niedawno naukowcy docenili znaczenie tych tzw. fiksacyjnych ruchów oczu. Przez 50 lat zaciekle spierali się o to, czy większe z nich, mikrosakady, pełnią jakąkolwiek funkcję. Niektórzy sądzili nawet, że mogą one wręcz upośledzać wzrok, rozmazując obraz. Jednak najnowsze badania przeprowadzone w laboratorium jednego z nas (Susany Martinez-Conde) w Barrow Neurological Institute w Phoenix pokazały, że gdy człowiek patrzy na nieruchomy świat, te maleńkie ruchy gałek ocznych nieustannie wydobywają poszczególne jego elementy z pozornego niebytu.

Zjawisko mikrosakad zaczęto wykorzystywać także w nauce. Neurobiolodzy mogą dzięki nim próbować złamać kod, którym mózg posługuje się przy tworzeniu świadomej percepcji widzianego świata. W ostatnich kilku latach wraz z innymi badaczami wykryliśmy, że z tymi drobnymi ruchami skorelowane są charakterystyczne wzory aktywności neuronów, które naszym zdaniem odpowiadają za większość tego, co postrzegamy. Mikrosakady mogą się także okazać swoistym oknem pozwalającym zajrzeć w głąb ludzkiego umysłu. Wiele wskazuje bowiem na to, że ich kierunek

jest nieprzypadkowy i może zdradzić przedmiot naszych skrytych zainteresowań nawet wtedy, gdy świadomie kierujemy spojrzenie zupełnie gdzie indziej.

### Lekarstwo na monotonię

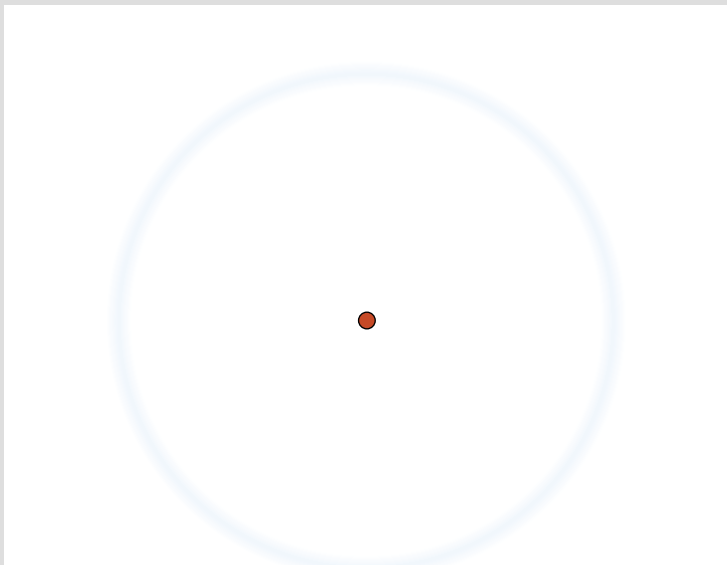
Od wieków wiadomo, że oczy stale się poruszają. Zwrócił na to uwagę chociażby niemiecki lekarz i fizyk Hermann von Helmholtz, który w 1860 roku zauważył, jak trudno utrzymać spojrzenie na jednym punkcie. Zasugerował, że „błądzenie wzrokiem” zapobiega przemęczeniu siatkówki (kilku warstw komórek na tylnej ścianie gałki ocznej).

Rzeczywiście układy nerwowe zwierząt ewoluowały tak, by jak najlepiej wykrywać zmiany w otoczeniu, ponieważ dostrzeganie różnic sprzyja przetrwaniu. Ruch w polu widzenia może oznaczać, że zbliża się drapieżnik albo że zdobycz ucieka; neurony wzrokowe reagują więc, wysyłając impulsy elektrochemiczne. Obiekty statyczne natomiast na ogół nie stwarzają zagrożenia, dlatego ich postrzeganie ma mniejsze znaczenie i presja ewolucyjna na rozwój tej umiejętności była znacznie słabsza. Skrajnym tego przykładem są płazy. Dla za-

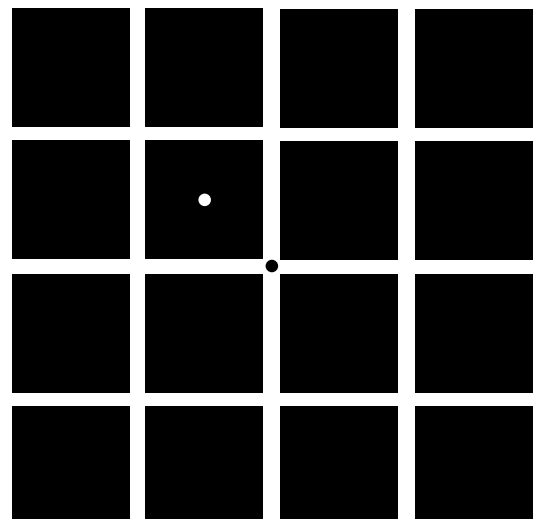
ZDRODŁA: IGNAZ PAUL VITAL TROXLER (z lewej); F.J. VERHEIJEN, „A SIMPLE AFTER IMAGE METHOD DEMONSTRATING THE INVOLUNTARY MULTIDIRECTIONAL EYE MOVEMENTS DURING FIXATION”; JOURNAL OF MODERN OPTICS, TOM 8, NR 4, S. 309-312; X1961; © TAYLOR AND FRANCIS LTD. (z prawej)

## UJAWNNIENIE MIKROSKOPIJNYCH RUCHÓW OCZU

Trzy objaśnione poniżej złudzenia wzrokowe pozwalają samemu zaobserwować efekty fiksacyjnych ruchów oczu, których normalnie nie jesteśmy świadomi.



TEST TROXLERA: W 1804 roku szwajcarski filozof Ignaz Paul Vital Troxler odkrył, że usilne skupienie wzroku na jakimś celu powoduje po chwili zblaknięcie i zniknięcie otaczających go nieruchomych obrazów. Można tego doświadczyć, wpatrując się w czerwoną plamkę na powyższym rysunku i jednocześnie zwracając uwagę (nie wzrok!) na białoniebieski okrąg. Już po chwili okrąg znika i wydaje się, że czerwona plamka leży na czystym białym tle. Najmniejszy ruch oczami – i okrąg wraca na miejsce.



WIDZENIE RUCHÓW OCZU: Aby „zobaczyć” ruchy fiksacyjne, należy patrzeć na czarną kropkę pośrodku schematu powyżej przez około minutę, a potem spojrzeć na białą kropkę w sąsiednim czarnym kwadracie. Negatywny powidok skrzyżowanych białych linii będzie wtedy w stałym ruchu. Jest to spowodowane fiksacyjnym ruchem oczu.

by mucha siedząca bez ruchu na ścianie jest niewidoczna, tak jak wszystkie nieruchome przedmioty. Ale gdy tylko owad poderwie się do lotu, żaba natychmiast go zauważy i pochwyty językiem.

Żaby nie widzą nieruchomych przedmiotów, gdyż jak sądził Helmholtz, niezmienny, czyli statyczny bodziec prowadzi do takiej adaptacji neuronów układu wzrokowego, że stopniowo przestają one reagować. Pozwala to oszczędzać energię, ale jednocześnie ogranicza percepcję zmysłową. Ludzkie neurony również adaptują się do stałych bodźców. Jednak układ wzrokowy człowieka znacznie lepiej niż żabi radzi sobie z wykrywaniem nieruchomych przedmiotów. Ruch jest przecież względny. Skoro obiekt nie zmienia położenia, można zmieniać położenie oka względem obiektu, najlepiej nieustannie. Fiksacyjne ruchy gałki ocznej przesuwają cały obraz na siatkówce, mobilizując neurony wzrokowe i przeciwdziałając ich adaptacji. Dzięki temu nieruchome przedmioty nie nikną z obrazu.

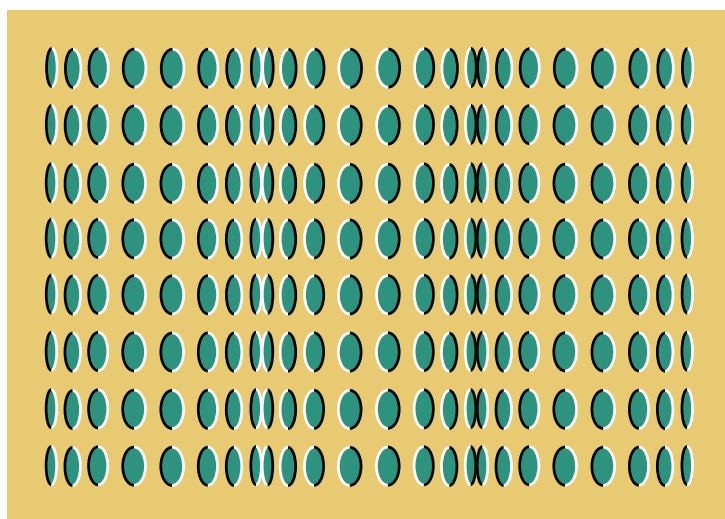
W 1804 roku szwajcarski filozof Ignaz Paul Vital Troxler po raz pierwszy opisał zjawisko

zanikania, związane ze spadkiem intensywności fiksacyjnych ruchów ludzkiego oka. Jak zauważył, celowe skupianie wzroku na przedmiocie powoduje, że otaczające go obrazy stopniowo blakną i zanikają [ilustracja z lewej w ramce na stronie obok]. Zdarza się to nam codziennie, ponieważ celowe skupianie wzroku na jakimś obiekcie może przelotnie spowolnić lub ograniczyć fiksacyjne ruchy oczu, a poza tym ich efekt jest słabszy na obrzeżach pola widzenia. Tak więc nawet niewielkie ograniczenie wielkości i częstości ruchów naszych oczu znacznie upośledza widzenie. Zwykle tego nie zauważamy, gdyż koncentrując się na strefie bezpośrednio przed sobą, nie zwracamy uwagi na pogorszenie widzenia na obrzeżach.

Całkowite zatrzymanie ruchu oczu możliwe jest tylko w laboratorium. Na początku lat pięćdziesiątych naukowcy osiągnęli efekt względnie unieruchomienia siatkówki, umieszczając małe ekran na soczewce kontaktowej podciśnieniowo przyspanej do oka. Badany oglądał obraz z ekranu przez soczewkę, która poruszała się razem z okiem. Dzięki temu pozostawał on nieruchomy względem siatkówki,

## RUCHOME CELE

Fiksacyjne ruchy oczu: mikrosakady (*proste linie*), dryfowanie (*linie meandrujące*) i drżenie (*zygzaki nałożone na meandry*) przesuwają obraz po mozaice fotoreceptorów na siatkówce.

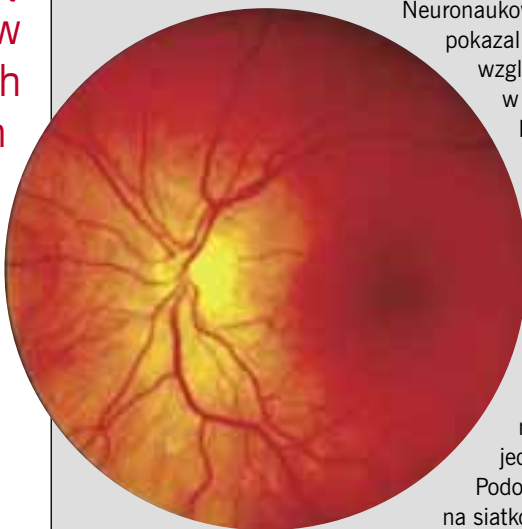


**ZŁUDZENIE RUCHU:** Jeśli pozwolić oczom błądzić swobodnie po całym powyższym wzorze, powstaje wrażenie, jakby przedstawiał on trzy obracające się przeciwbieżnie walce. Lecz gdy zatrzymamy spojrzenie na jednej z zielonych plamek w centrum obrazu, iluzoryczny ruch zwolni albo nawet ustanie. Ponieważ trzymanie oczu nieruchomo znosi złudzenie ruchu, przypuszczamy, że ruchy fiksacyjne mogą być konieczne, by tego złudzenia doświadczyć. Niestety, nie wiemy jeszcze dokładnie dlaczego.

Mikrosakady wywołują reakcję neuronów we wszystkich badanych częściach układu wzrokowego.

ZRÓB TO SAM

## ZNIKAJĄCE NACZYNIA



Neuronaukowcy, David Coppola i Dale Purves z Duke University, pokazali, że naczynia krwionośne w siatkówce, nieruchome względem każdego oka, mogą zniknąć z pola widzenia w ciągu zaledwie 80 ms (tysięcznych części sekundy).

Da się to sprawdzić samodzielnie. Wystarczy zamknąć oczy i przyłożyć delikatnie małą latarkę (nie za jasną!) do jednego z nich. Szybko nią poruszając, można przez chwilę dostrzec naczynka krwionośne siatkówki na obrzeżu pola widzenia. Znikają jednak niemal natychmiast!

Zjawisko adaptacji zachodzi we wszystkich zmysłach, łącznie z dotykem. Na przykład tuż po założeniu butów na nogi czujemy je, ale już po chwili to uczucie zanika. Nie chcielibyśmy przecież być świadomi ucisku butów przez 16 godzin dziennie! Możemy jednak odzyskać uczucie, gdy poruszymy palcami u nóg. Podobnie fiksacyjne ruchy oczu stale „poruszają” obrazami na siatkówce, abyśmy nie przestawali widzieć.

powodując adaptację neuronów wzrokowych i zanikanie widzenia. Obecnie badacze uzyskują ten sam rezultat inną techniką. Rejestrują ruchy oka za pomocą kamery, a dane trafiają do projektora obrazu, który odpowiednio przesuwając obraz wyświetlany na dużym ekranie.

U schyłku lat pięćdziesiątych naukowcy byli w stanie ustalić funkcję mikrosakad: po zatrzymaniu w laboratorium wszelkich ruchów oka, łącznie z większymi świadomymi sakadami, zaczęli przesuwać obraz ruchem podobnym do mikrosakad i odkryli, że to przywraca percepcję. Jednak inni badacze tego nie potwierdzili: odtworzenie mikrosakad po zatrzymaniu ruchów oka ich zdaniem niczego nie zmieniało. Trudno było dojść do prawdy, gdyż żadna z technik stabilizacji siatkówki nie była doskonała. Na przykład przysana do oka soczewka kontaktowa mogła się nieco ślizgać, generując szcążkowe ruchy. W rezultacie nikt nie był w stanie rozstrzygnąć, czy wynik doświadczenia był skutkiem owych ruchów, czy raczej symulowanych mikrosakad.

### Nerwowe tiki?

Mniej więcej w tym samym czasie zidentyfikowano dwa inne typy fiksacyjnych ruchów oka: dryfowanie i drżenie. Dryf to powolny, meandrujący ruch, który występuje pomiędzy szybkimi liniowymi mikrosakadami. Nakładają się nań drobne, gwałtowne oscylacje, czyli drżenia. Mikrosakady są największymi ruchami fiksacyjnymi. Przesuwają obraz o dziesiątki, nawet setki fotoreceptorów (komórek światłoczułych), takich jak czopki, odpowiedzialne za widzenie szczegółów i kolorów, oraz pręciki, odpowiadające za widzenie zmerchowe i pe-

ryferyczne. Drżenie jest najmniejszym ruchem fiksacyjnym, dającym przesunięcie nie większe niż rozmiary jednej z takich komórek. Na razie jednak nie rozumiemy właściwych funkcji tych zróżnicowanych ruchów fiksacyjnych w procesie widzenia.

Faktem jest, że przez dziesięciolecia wielu specjalistów od układu wzrokowego wątpiło, czy którykolwiek z fiksacyjnych ruchów oczu – a zwłaszcza mikrosakady, które badano najczęściej – ma jakiegokolwiek znaczenie dla naszej zdolności widzenia. Krytycy zwrócili uwagę, że niektóre osoby potrafią powstrzymać mikrosakady na kilka sekund bez szkody dla widzenia centralnego. (Dowodzi tego test Troxlera: kiedy na moment koncentrujemy wzrok na czerwonej plamce, zanika obrzeże pola widzenia, ale nie plamka w centrum). Mikrosakady w naturalny sposób ustają, gdy wykonujemy czynności wymagające precyzji, takie jak mierzenie do tarczy czy nawlekanie igły. W 1980 roku psycholog z University of Maryland, Eileen Kowler i Robert M. Steinman, doszli do wniosku, że mikrosakady są bezużyteczne – przypuszczalnie to „tylko rodzaj tiku nerwowego”.

I na tym poprzestano aż do końca lat pięćdziesiątych, kiedy to naukowcy zaczęli dociekać, które – jeżeli jakiegokolwiek – reakcje neuronów w oku i mózgu mogą być wywołane przez fiksacyjne ruchy oczu. Począwszy od 1997 roku, mniej więcej równoległe z noblistą Davidem Hubelem z Harvard Medical School, uczylimy małpy skupiać wzrok na małej plamce wyświetlonej na monitorze komputera, podczas gdy w innym miejscu na ekranie widoczna była nieruchoma świetlista

### O AUTORACH



**Susana Martinez-Conde** jest dyrektorem Laboratory of Visual Neuroscience w Barrow Neurological Institute w Phoenix. Stopień doktora medycyny i chirurgii uzyskała na Universidad de Santiago de Compostela w Hiszpanii. **Stephen L. Macknik** jest dyrektorem Laboratory of Behavioral Neurophysiology w Barrow Neurological Institute, a doktorat z neurobiologii obronił na Harvard University.

STEVE ALLEN Brand X/Corbis (na górze); JEFF NOBLE (Martinez-Conde i Macknik)

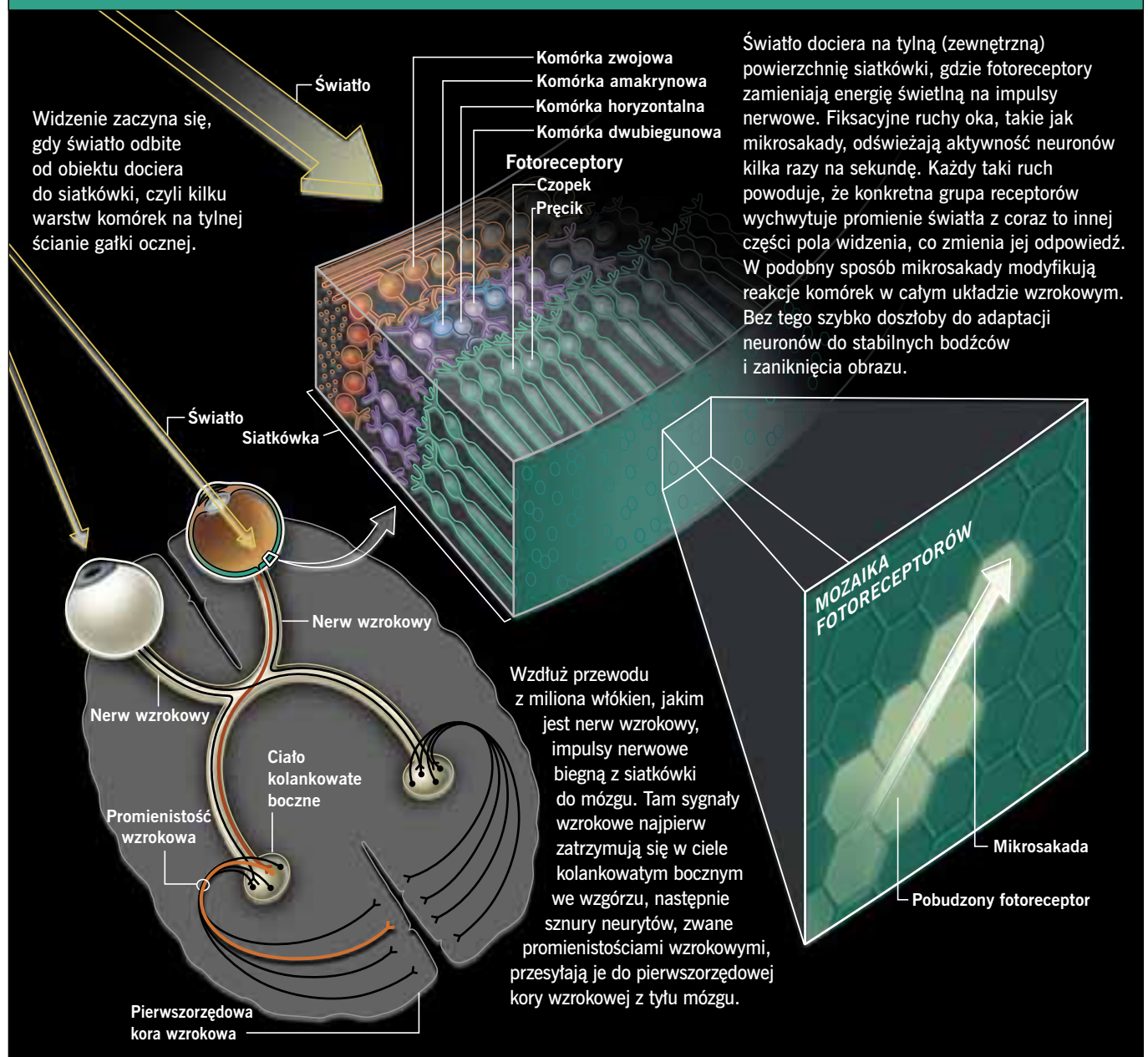
pałeczka. Kiedy małpy patrzyły, rejestrowaliśmy ruchy ich oczu oraz aktywność elektryczną neuronów w ciele kolankowatym bocznym (LGN – lateral geniculate nucleus) w śródmózgowiu i pierwszorzędowej korze wzrokowej z tyłu mózgu [ramka poniżej]. W każdym doświadczeniu pałeczka była umiejscowiona tak, by wywołać optymalną reakcję elektryczną monitorowanych neuronów w postaci impulsów, zwanych iglicami.

Wyniki tych eksperymentów opublikowaliśmy w latach 2000 i 2002. Dowiedliśmy, że mikrosakady zwiększają częstość impulsów

nerwowych generowanych zarówno przez neurony LGN, jak i neurony kory wzrokowej. Sprawiają, że statyczne bodźce, takie jak świecąca pałeczka, raz po raz przesuwane są do i z pola recepcyjnego neuronu (czyli tej części pola widzenia, którą neuron „obserwuje”). To przemawia na korzyść tezy, że mikrosakady odgrywają ważną rolę w utrzymywaniu widzianego obrazu i zapobiegają zjawisku blaknięcia. A jeśli tak jest rzeczywiście, to nasze badania mikrosakad mają dodatkowe znaczenie: wiodą do ustalenia sposobu kodowania widzialności w układzie wzrokowym. W doświadczeniach z małpami

## PODSTAWY

# ODŚWIEŻANIE OBRAZU



Możesz odwracać wzrok od ostatniego kawałka ciasta, od atrakcyjnej kobiety czy mężczyzny obok, a częstość i kierunek twoich mikrosakad i tak zdradzą, co cię naprawdę interesuje.

wykazaliśmy, że mikrosakady korelują raczej z występowaniem serii iglic niż pojedynczych impulsów. A zatem to serie iglic najprawdopodobniej sygnalizują, że „coś widać”.

### Twardy orzech rozgryziony

Inni naukowcy też odkryli, że mikrosakady wywołują reakcje neuronów w każdej badanej części układu wzrokowego. Nie można jednak było zapomnieć o sprzecznych wynikach doświadczeń ze względną stabilizacją siatkówki, budzących poważne wątpliwości co do roli mikrosakad w procesie widzenia. Dlatego kilka lat temu w Barrow Neurological Institute zaczęliśmy badać związek między mikrosakadami a widzialnością, posługując się zupełnie inną metodą. Poprosiliśmy ochotników, by poddali się testowi Troxlera. Skupiając wzrok na małej plamce, mieli jednocześnie naciskać lub zwalniać przycisk, informując o tym, czy postrzegają statyczny obiekt na peryferiach pola widzenia. Obiekt na przemian zniknął i pojawiał się, w miarę jak w naturalny sposób rosła lub słabła koncentracja uczestników eksperymentu na centralnej plamce. W trakcie badania za pomocą bardzo precyzyjnego systemu wideo rejestrowaliśmy fiksacyjne ruchy oczu ochotników.

Tak jak przewidywaliśmy, mikrosakady występowały rzadziej, były mniejsze i powolniejsze tuż przed zniknięciem obiektu. A więc ich wygaszenie, albo przynajmniej bardzo poważne zmniejszenie amplitudy i szybkości, prowadzi do adaptacji neuronów skutkującej blaknięciem i znikaniem statycznych elementów obrazu. Również zgodnie z naszą hipotezą mikrosakady stawały się większe, szybsze i liczniejsze tuż przed tym, jak obiekt peryferyjny ponownie się pojawiał. Wyniki te, opublikowane w 2006 roku, po raz pierwszy pokazały,

że gdy badany stara się unieruchomić spojrzenie, mikrosakady odpowiadają za utrzymanie widzialności statycznych elementów obrazu, oraz że większe i szybsze mikrosakady najlepiej wypełniają to zadanie. A ponieważ przez większość czasu oczy fiksują – odpoczywając pomiędzy dużymi, spontanicznymi sakadami – mikrosakady są decydujące dla przeważającej części percepcji wzrokowej.

Odkrycia te mają nie tylko znaczenie teoretyczne. Lepsze rozumienie roli fiksacyjnych ruchów oczu w procesie widzenia może pomóc w badaniu chorób, które te ruchy upośledzają. Na przykład ich brak może wynikać z uszkodzenia nerwów okoruchowych, kontrolujących większość ruchów oczu. Nieprawidłowe ruchy fiksacyjne często towarzyszą niedowidzeniu będącemu elementem zespołu „leniwego oka”, polegającego na utracie ostrości widzenia bez żadnej widocznej patologii, który jest najczęstszą przyczyną jednoocznego upośledzenia wzroku u dorosłych w wieku poniżej 70 lat. W przypadku dużego niedowidzenia zbyt mało mikrosakad i nadmierne dryfowanie mogą spowodować, że obiekty, a nawet spore części obrazu będą blaknąć podczas fiksacji.

Dla normalnego widzenia istotne jest utrzymanie delikatnej równowagi pomiędzy zbyt małą liczbą ruchów fiksacyjnych a ich nadmiarem, sprawiającym, że obraz staje się zamazany i niestabilny. Zrozumienie, jak układ okoruchowy uzyskuje tę równowagę, może kiedyś pozwolić lekarzom naprawiać jego defekty. Wiele chorób powoduje zaburzenia ruchów fiksacyjnych, jest to więc obiecujący przedmiot badań, tym bardziej że dotąd prawie nieeksplorowany.

### Czytanie w myślach

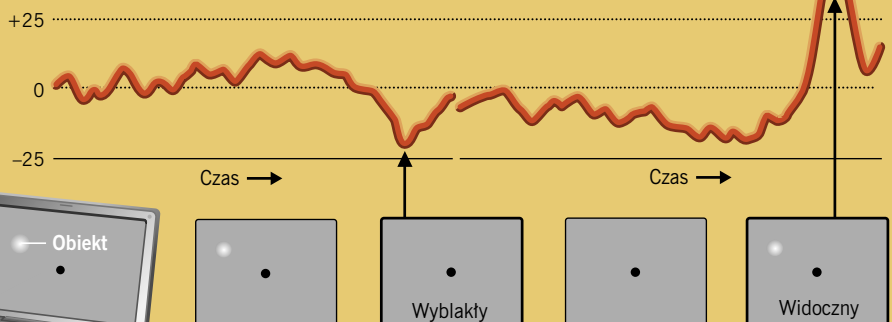
Znaczenie mikrosakad wykracza poza kwestię prawidłowego widzenia. Te drobne ruchy

## WIDZIMY DZIĘKI MIKROSAKADOM

W przeprowadzonym niedawno doświadczeniu pokazaliśmy, że mikrosakady decydują o dostrzeganiu obrazu podczas fiksacji wzroku. Poprosiliśmy badanych, by wpatrywali się w małą plamkę na środku ekranu komputera (rzęd prostokątów). Powodowało to naprzemienne pojawianie się i znikanie statycznego obiektu z obrzeża pola widzenia. Zauważyliśmy, że tuż przed zniknięciem obiektu mikrosakady patrzących stawały się rzadsze i powolniejsze, a tuż przed jego ponownym pojawieniem się – częstsze (wykres).

### AKTYWNOŚĆ MIKROSAKAD W CZASIE

Zmiana od poziomu średniego [%]







**WYKRYWACZ UWAGI:** Śledząc mikrosakady, naukowcy potrafią na przykład wykryć, że kawałek czekoladowego ciasta przyciąga naszą uwagę, nawet gdy próbujemy to ukryć i patrzymy gdzie indziej. Ale nie ma się czym martwić. Zwykłym ludziom nie uda się odczytać naszych myśli z ruchu oczu, nie dysponują bowiem odpowiednią do tego aparaturą.

oczu zdradzają też nasze ukryte myśli. Psycholodzy odkryli, że nawet gdy skupiamy na czymś wzrok, czasem nieświadomie przenosimy uwagę na obiekt budzący zainteresowanie. Jak wynika z najnowszych badań, mikrosakady mogą wprost wskazywać taki obiekt. Ich kierunek jest bowiem nie przypadkowy, lecz często dokładnie wymierzony w interesującą nas rzecz lub osobę, nawet jeśli z rozmysłem patrzymy gdzie indziej.

Jedno z pierwszych doświadczeń na ten temat opisano w 2002 roku. Naukowcy z McGill University, Ziad M. Hafed i James J. Clark, poprosili ochotników, by kierowali wzrok na plamkę położoną centralnie na monitorze komputera i jednocześnie mieli na uwadze plamkę przy jego brzegu. Ta druga w pewnym momencie zmieniała kolor, a zadaniem ochotników było to zasygnalizować. Okazało się, że kierunek mikrosakad podczas doświadczenia na ogół wskazywał prawdziwy przedmiot zainteresowania badanych, choć przecież patrzyli oni gdzie indziej. To odkrycie dowiodło nie tylko, że mikrosakady mogą zdradzać ukryte myśli, lecz również, jak zauważyli badacze, ukryte przemieszczenia uwagi faktycznie sterują kierunkiem mikrosakad.

W innym doświadczeniu wykazano, że również częstość mikrosakad komunikuje obecność czegoś, co potajemnie przyciąga uwagę. W 2003 roku neuroinformatyk Ralf Engbert i psycholog kognitywny Reinhold Kliegl z Universität Potsdam w Niemczech stwierdzili, że nagle pojawienie się sygnału wzrokowego na obrzeżu pola widzenia powoduje krótkotrwały spadek częstości mikrosakad, a następnie gwałtowny wzrost ponad normę. Ponadto mikrosakady, które obserwowali, były ukierunkowane głównie na ten sygnał. Wyniki badania sugerują, że częstość i kierunek mikrosakad mogą sygnalizować nagłe zmiany w otoczeniu, przyciągające uwagę osoby, która na nie bezpośrednio nie patrzy.

Choćbyśmy więc z uporem odwracali wzrok od ostatniego kawałka ciasta na stole albo atrakcyjnej kobiety czy mężczyzny obok, częstość i kierunek naszych mikrosakad i tak zdradzą, co rzeczywiście znajduje się w centrum naszej uwagi. Na szczęście nie musimy się tym przejmować. Wykrycie i zmierzenie mikroskopijnych ruchów oczu, z których da się odczytać te informacje, możliwe jest tylko w dobrze wyposażonym laboratorium badawczym. Przynajmniej na razie. ■

## ➔ JEŚLI CHCESZ WIEDZIEĆ WIĘCEJ

**Fixational Eye Movements in Normal and Pathological Vision.** S. Martinez-Conde; *Progress in Brain Research*, tom 154, s. 151-176, 2006.

**Microsaccades Counteract Visual Fading during Fixation.** S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, X.G. Troncoso i T.A. Dyrar; *Neuron*, tom 49, s. 297-305, 2006.

**The Role of Fixational Eye Movements in Visual Perception.** S. Martinez-Conde, S.L. Macknik i D.H. Hubel; *Nature Reviews Neuroscience*, tom 5, s. 229-240, 2004.

**Microsaccades Uncover the Orientation of Covert Attention.** R. Engbert i R. Kliegl; *Vision Research*, tom 43, s. 1035-1045, 2003.

**Microsaccades as an Overt Measure of Covert Attention Shifts.** Z.M. Hafed i J.J. Clark; *Vision Research*, tom 42, s. 2533-2545, 2002.

Strona iluzji wzrokowych Akiyoshi-go Kitaoki: [www.ritsume.ac.jp/~kitaoka/index-e.html](http://www.ritsume.ac.jp/~kitaoka/index-e.html)

Laboratorium S. Martinez-Conde: [www.neuralcorrelate.com/smc\\_lab](http://www.neuralcorrelate.com/smc_lab)