

## WEWNĘTRZNE OKO<sup>1</sup>

Rob H.J. van der Lubbe<sup>2\*</sup>

Pracownia Psychologii  
Uniwersytet w Utrechcie  
Holandia

### INNER EYE

**Summary:** Moving the eyes enables the selection of relevant information from the external visual world. Besides moving the eyes, humans and many other species also have the capability to 'look out of the corner of their eyes'. For instance, we can attend to a pencil located in the periphery, while keeping our eyes fixated at a TV screen in front of us. A metaphor that seems suitable for this 'attending to something' is the inner eye. Several issues are addressed. First, some experiments will be reported that demonstrate the existence of this inner eye. In addition, a distinction will be made between two ways in which the inner eye can be controlled. Third, we will focus on the areas of the brain that are affected by moving the inner eye, and will also indicate the brain areas that probably play a role in the control of the inner eye. Finally, we will focus on experimental support with regard to the function that this inner eye serves, that is, one may wonder whether the function of this inner eye is simply a duplication of the function of the external eye, or does it serve another function?

Aby przedstawić zagadnienie będące przedmiotem tej pracy, trzeba wprowadzić kilka terminów i metafor. Zdecydowałem się użyć tytułu *Wewnętrzne oko*, ponieważ od razu sugeruje on pewien związek z widzeniem. Wewnętrzne oko, podobnie jak „zwykłe” oczy, może się poruszać i dzięki temu widzieć coś lub czynić świadomym. Jednak na końcu tej pracy będę bronił tezy, że być może nie jest to jedyna funkcja wewnętrznego oka. Często używa się innych terminów na określenie wewnętrznego oka, np. uwaga wzrokowa, przestrzenna uwaga wzrokowa (aby podkreślić fakt, że uwaga operuje w przestrzeni), orientacja niejawna (ang. *covert orienting*, orientacja bez ruchu oczu lub głowy) albo selekcja wzrokowa. Ponadto stosuje się wiele metafor, takich jak reflektor (Posner i in., 1980), obiektyw (Eriksen, St. James, 1986) oraz gradient (LaBerge, Brown, 1989), aby wskazać, jak ten przedmiot badań mógłby być najlepiej scharakteryzowany.

Może Czytelnik pamięta początek filmów z Jasiem Fasolą, kiedy gra muzyka, na ekranie pojawia się kilka napisów, a następnie wiązka światła laserowego pada na określo-

---

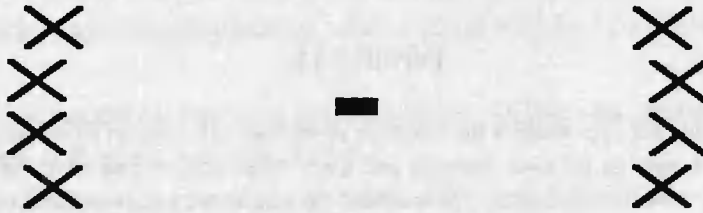
<sup>1</sup> Artykuł w języku angielskim pt. *Inner eye*, przetłumaczony przez Piotra Jaśkowskiego i Blandynę Skalską, powstał na podstawie wykładu wygłoszonego w ramach cyklu pt. *Tajemnice umysłu* w Instytucie Psychologii Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego.

<sup>2</sup> Chciałbym podziękować Profesorowi Piotrowi Jaśkowskiemu z Zakładu Psychofizjologii za zaproszenie i Akademii Bydgoskiej za sfinansowanie mojego pobytu. Napisanie tej pracy było finansowane przez Deutsche Forschungsgemeinschaft (Ve 110/7-2).

\* Korespondencję kierować pod adresem: Rob H.J. van der Lubbe, Psychological Laboratory, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 Utrecht, The Netherlands, e-mail: r.vanderlubbe@fss.uu.nl

ne miejsce i natychmiast Jaś Fasola spada z innego świata na nasz. W rzeczywistości badacze uważają tę wiązkę światła laserowego albo reflektora, która oświetla specyficzny obszar pola widzenia, jako wysoce właściwą metaforę w odniesieniu do przedmiotu ich badań. Wewnętrzne oko nie oświetla oczywiście obszaru, który widzimy, lecz przesuwanie wewnętrznego oka umożliwi nam ekstrakcję informacji z otaczającego świata.

Na końcu 19. stulecia William James (1890) zauważył już „...że możemy skupić uwagę na jakimś obiekcie na obwodzie pola widzenia, a jednak nie akomodować na nim wzroku. Nauczyciele zauważają w ten sposób w klasie wybryki uczniów, na których zdają się nie patrzeć”.



Ryc. 1. Prezentowanych jest osiem elementów, cztery po każdej stronie fiksacyjnego prostokąta. Jeden element jest niekompletny.

Inny przykład został przedstawiony na rycinie 1. Na środku pokazany jest czarny kwadrat. Patrząc na środek, spróbuj zobaczyć „kątem oka”, którego elementu brakuje w niekompletnym krzyżu. Jak zauważysz, jest to raczej trudne czy nawet niemożliwe, lecz staje się to zupełnie łatwe, kiedy skierujesz tam swój wzrok. Tak więc poprawa widzenia jakiegoś obiektu poprzez przesunięcie w jego kierunku wewnętrznego oka jest raczej mizerna. Zatem można kwestionować pogląd, że wewnętrzne oko służy rzeczywiście do widzenia czegokolwiek.

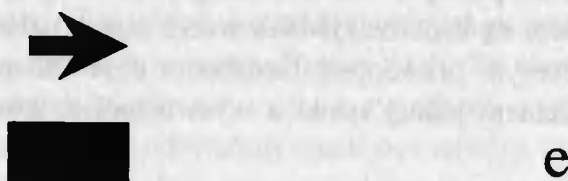
Po tych przykładach Czytelnik ma, mam nadzieję, niejakię pojęcie na temat tego, czym jest wewnętrzne oko (albo uwaga wzrokowa). To jest funkcja, która czasami ma coś do czynienia z selekcją informacji wzrokowych. Jednak zanim zaczniemy dyskutować funkcje oka wewnętrznego skupimy uwagę na kilku innych zagadnieniach.

Po pierwsze, zacznę od dwóch doświadczeń, które wskazują, że coś takiego jak oko wewnętrzne w ogóle istnieje. Następnie rozważymy dwa sposoby, w których oko wewnętrzne może być sterowane, obszary mózgu, w których odkryto aktywności związane z ogniskowaniem wewnętrznego oka na jakimś miejscu w polu widzenia, nie tylko kiedy oko wewnętrzne było już tam skierowane, lecz również, kiedy się poruszało. Ponadto zajmiemy się obszarami mózgu, które mogą kontrolować oko wewnętrzne i wreszcie, omówimy jego funkcję: czy jest ono przeznaczone do widzenia, czy może do czegoś innego?

### Istnienie wewnętrznego oka

Istnienie oka wewnętrznego zostało zademonstrowane przez Posnera i in. (1980). Zadaniem uczestnika ich doświadczenia było naciśnięcie na jeden przycisk, skoro tylko

zauważył, że mała litera została zaprezentowana na lewo lub prawo od fiksacyjnego kwadratu.



Ryc. 2. Przykład bodźców używanych przez Posnera i in. (1980). Najpierw pojawia się prostokąt fiksacyjny. Następnie strzałka wskazująca, po której stronie najprawdopodobniej wyświetlona zostanie litera, na którą należy zareagować. Po około 800 do 1200 ms w większości próbek pojawia się litera, najczęściej w miejscu po stronie wskazanej przez strzałkę (tak jak na rycinie).

Najpierw pojawia się strzałka skierowana w stronę, po której najprawdopodobniej (z prawdopodobieństwem 80%) wyświetlona zostanie litera. Następnie pojawia się i zniknęła litera, uczestnik naciskał klawisz albo nie, i znowu strzałka wskazująca nową prawdopodobną pozycję litery, znowu litera itd. Ważna rzecz: litera nie zawsze była wyświetlana, aby uniknąć sytuacji, w których uczestnik odpowiada, chociaż litery nie zauważył. Mierzono czas potrzebny na odpowiedź, czyli tzw. czas reakcji albo czas odpowiedzi. Kilka osób wykonywało to wiele razy. Następnie obliczano średnie dla reakcji, kiedy strzałka wskazywała pozycję, w której pojawiła się litera (poprawne wskazania) oraz dla reakcji, kiedy strzałka wskazywała w stronę przeciwną do tej, po której pojawiała się litera (niepoprawne wskazania).

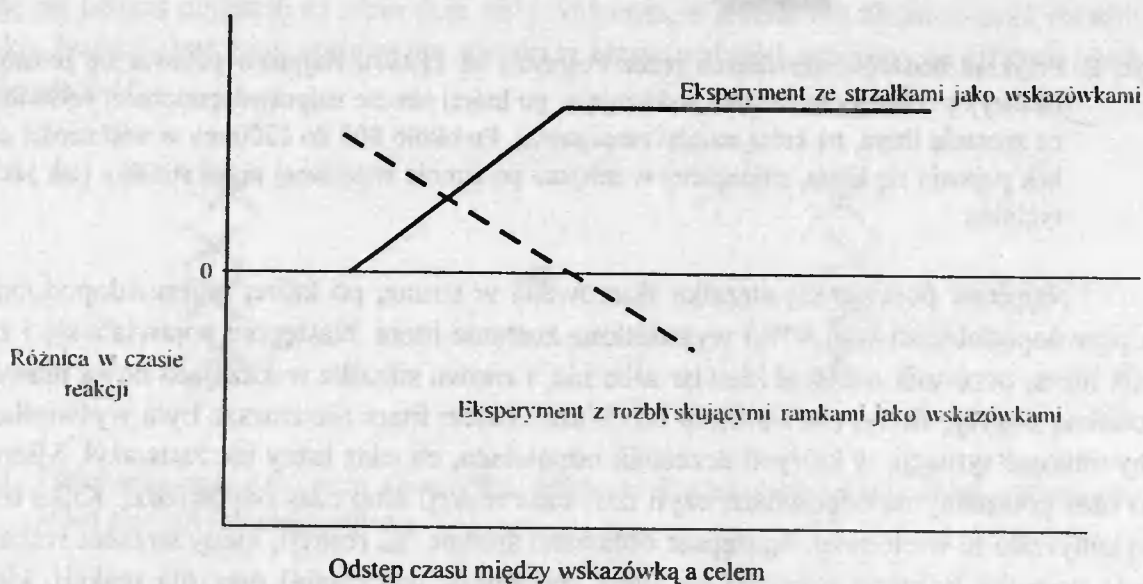
Okazało się, że odpowiedzi były szybsze, kiedy kierunek wskazywany przez strzałkę był poprawny, niż wtedy, kiedy nie był poprawny. Jak należy wyjaśnić te wyniki? Oczywiście nie poruszały się, ale najwyraźniej oczekiwanie, że litera pojawi się w określonej pozycji przyspieszała reakcje na litery w tej pozycji. To oczekiwanie mogłoby być czymś w rodzaju wewnętrznego oka. Tak więc można by dowodzić, że coś takiego jak wewnętrzne oko, reflektor czy wiązka laserowa itp. zostaje skierowana na określoną pozycję i kiedy pojawi się tam litera, reakcje na nią są szybsze.

W innym doświadczeniu Posner i Cohen (1984) badał, czy to wewnętrzne oko mogło być kierowane automatycznie.



Ryc. 3. Przykład bodźców zastosowanych przez Posnera i Cohena (1984). Najpierw rozświetlona zostaje jedna ramka. Następnie po różnym okresie kwadrat, na którego obecność należy zareagować, pojawia się z równym prawdopodobieństwem w jednej z ramek. Tak więc w 33% próbek rozświetlona ramka jest tą, w której pojawi się cel, podczas gdy w pozostałych próbkach cel pojawi się w innych ramkach.

Na czarnym ekranie prezentowano trzy białe ramki. W obrębie jednej z nich mógł się pojawić mały kwadrat, po wyświetleniu którego uczestnik miał nacisnąć przycisk. Na krótko przed pojawieniem się kwadratu jedna z trzech ramek rozświetlała się na chwilę, ale kwadrat mógł się z równym prawdopodobieństwem pojawiać w każdej z trzech ramek. Czas między rozświetleniem jednej ramki a wyświetleniem kwadratu był zmieniany od próbki do próbki.



Ryc. 4. Wyniki czasów reakcji uzyskanych w doświadczeniach Posnera i in. (1980) oraz Posner i Cohen (1984).

Wyniki tych dwóch doświadczeń pokazano na rycinie 4. Na osi x zaznaczono czas między chwilą pojawienia się strzałki a literą albo między chwilą rozświetlenia się jednej z ramek a kwadratem. Na osi y zaznaczyliśmy, czy odpowiedzi były szybsze (powyżej zera), takie same (zero), czy wolniejsze (poniżej zera) w przypadku poprawnych wskazań (kiedy strzałka poprawnie wskazywała stronę pojawienia się litery albo kiedy rozświetlona ramka była ramką, w której pojawiał się kwadrat) niż w przypadku niepoprawnych wskazań (kiedy strzałki fałszywie wskazywały stronę pojawienia się litery albo kiedy rozświetlona ramka nie była tą, w której pojawiał się kwadrat).

Wyniki badań, w których strzałka wskazywała, po której stronie najprawdopodobniej pojawiała się litera zaznaczono czarną linią. Wskazują one, że w tym doświadczeniu potrzebny jest pewien czas między pojawieniem się strzałki a wyświetleniem litery (około 400 ms), aby pożytek ze strzałki był maksymalny. Szara linia reprezentuje wyniki doświadczenia z rozświetlanymi ramkami. Jak widać, odpowiedzi były szybsze, kiedy kwadraty pojawiały się w rozświetlonej uprzednio ramce, niż kiedy kwadraty pojawiały się w innych ramkach. Jednak tak było tylko wtedy, gdy czas między rozświetleniem jednej ramki i prezentacją kwadratu nie był zbyt długi. Kiedy czas między rozświetleniem ramki i pojawieniem się kwadratu wzrastał, korzyść z rozświetlenia (wyrażająca się w skróceniu czasu reakcji) zamieniała się na straty (czas reakcji wydłużał się). Ta strata oznaczana jest terminem hamowania powrotu (ang. *inhibition of return*). To znaczy, że kiedy oko we-

wewnętrzne zogniskowane już wcześniej było na wskazanej pozycji, oko wewnętrzne raczej wolało wędrować w innym kierunku niż wracać do wskazanej pozycji.

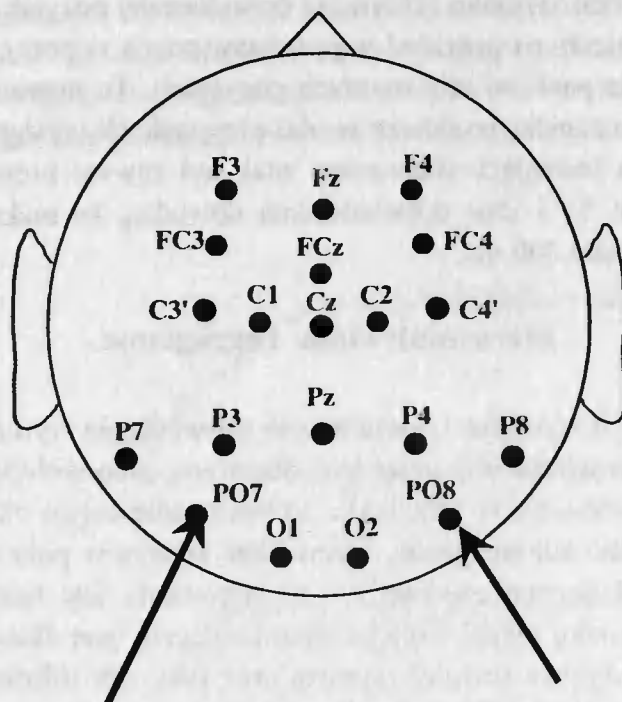
W innych badaniach, na przykład w przedstawionych w pracy Van der Lubbe i in. (1996), stosowano małe paski w relewantnych pozycjach. Ta manipulacja jest porównywalna z rozświetleniem ramek, ponieważ w obu przypadkach występowała nagła zmiana pola widzenia. W tych badaniach relewantny znak był zawsze prezentowany w pozycji wskazanej przez pasek. Te i inne doświadczenia dowodzą, że reakcje były najszybsze, kiedy odstęp wynosił około 200 ms.

### **Sterowanie endo- i egzogenne**

Na podstawie tych wyników i wielu innych doświadczeń wyróżniono dwa sposoby, za pomocą których wewnętrzne oko może być sterowane: albo wolicjonalnie (indukowane instrukcją jak w doświadczeniu ze strzałką) – to sterowanie często określane jest jako endogenne (od środka) albo automatyczne, wyzwolone zmianą w polu widzenia (jak w doświadczeniu z rozbłyskującymi ramkami) – to sterowanie jest nazywane egzogenne (od zewnątrz). W przypadku uwagi wolicjonalnej konieczny jest dłuższy czas na jej przesunięcie. Istotną rolę odgrywa również wprawa oraz fakt, czy informacja dostarczana za pomocą strzałki jest prawdziwa. W przypadku uwagi egzogennej, zmiany wywołane przesunięciem uwagi w pobliże relewantnego kwadratu są pozytywne tylko wtedy, gdy czas między rozbłyskiem a pojawieniem się bodźca nie jest zbyt długi. Ponadto na efekt ten niewielki wpływ ma poprawność wskazówki oraz nabywanie wprawy. Wykonano również pewne badania, w których poszukiwano wpływu zmian w polu widzenia, gdy uwaga obserwatora była zwrócona w inne miejsce. W tym przypadku zmiana w polu widzenia nie wywoływała żadnego efektu. W jakimś sensie więc uwaga wolicjonalna jest nadrzędna w stosunku do automatycznej (Theeuwes, 1991; Koshino i in. 1992).

### **Obszary mózgu, na które wpływa wewnętrzne oko**

Na jaki poziom przetwarzania wzrokowego wpływa przesuwanie wewnętrznego oka? Zanim odpowiemy na to pytanie skoncentrujemy się na przetwarzaniu wzrokowym jako takim. Kiedy zaprezentowany zostaje bodziec wzrokowy po lewej stronie, to pobudzenie nerwowe wywołane tym bodźcem po przejściu kilku struktur podkorowych znajdzie się na poziomie kory mózgowej i najpierw będzie przetwarzane przez prawą tylną część naszego mózgu, podczas gdy bodziec przedstawiony po prawej stronie będzie najpierw przetwarzany na poziomie korowym w tylnej lewej części mózgu. Tak więc obszar mózgu związany z przetwarzaniem bodźca po jednej stronie pola widzenia leży po przeciwnej stronie (albo jest kontralateralny) do strony, po której znajduje się ten bodziec. Obszar mózgu po tej samej stronie co pole widzenia nazywany jest ipsilateralnym.



Obszary mózgu na które oddziałuje wewnętrzne oko

Ryc. 5. Obszary mózgu, w których aktywność jest modulowana przez ruch wewnętrznego oka zostały wskazane przez strzałki: w tych obszarach wpływ uwagi znajduje swoje odzwierciedlenie w zapisach uśrednionych oscylacji EEG. Oznaczono również inne pozycje elektrod do mierzenia EEG według konwencji Pivika i in., 1993.

Pierwszy obszar kory nazywany jest korą wzrokową prążkowaną (w pobliżu pozycji O1 na rycinie 5). Potem przetwarzanie podąża w kierunku kory pozaprażkowanej (PO7 i PO8) i stąd rozchodzą się co najmniej dwie różne drogi. Jedna biegnie do kory ciemieniowej (P3 i P4), głównie związanej z przetwarzaniem pozycji i ruchu. Jest ona określana mianem grzbietowej. Druga biegnie do kory skroniowej (P7 i P8) głównie zajmującej się przetwarzaniem barw i formy (Kandel, Schwarz, 1985). Nazywana jest drogą brzuszna.

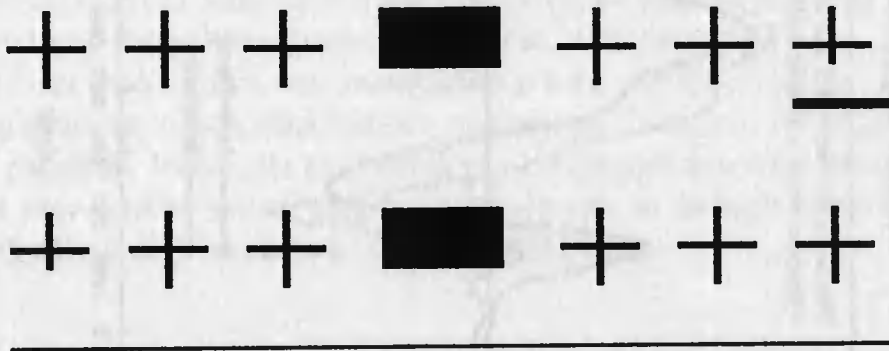
Kilka prac, w których posługiwano się różnymi metodami, poświęcono ustaleniu, na jaki obszar mózgu swój wpływ wywiera wewnętrzne oko. Na przykład mierzono aktywność elektryczną (EEG) i magnetyczną mózgu (MEG). Ponadto badano lokalny przepływ krwi za pomocą pozytonowej tomografii emisyjnej (PET) oraz aktywność mózgu metodą funkcjonalnej tomografii rezonansowej (fMRI). Tutaj skoncentruję się tylko na wynikach badań aktywności elektrycznej mózgu mierzonej za pomocą elektrod przyklejonych do powierzchni czaszki.

Aby otrzymać rzetelne wyniki aktywności elektrycznej, znowu prezentuje się wiele próbek z tymi samymi bodźcami. Jeśli ta aktywność włącza się zawsze w tym samym czasie po określonym wydarzeniu, na przykład po pojawieniu się bodźca na ekranie, i jest potem uśredniana, to obserwuje się specyficzną formę falową czy układ komponentów (patrz rycina 7).

W badaniach Clarka i Hillyarda (1996) uczestnicy skupiali uwagę na jednej stronie pola widzenia w pierwszej części doświadczenia i na drugiej w drugiej części z tymi samymi bodźcami. Porównanie między formami falowymi uzyskanymi w obu częściach wykazało, że jeden z wczesnych komponentów (określany jako P1) pojawiający się w korze pozaprążkowej jest większy dla bodźców, na których uwaga była skupiona, niż dla bodźców, od których uwaga była odwrócona. Natomiast jeszcze wcześniejszy komponent w korze prążkowej (określany jako NP80 albo C1) nie podlegał wpływowi uwagi. Wyniki innych eksperymentów (Heinze i in., 1994; Magnum i in., 1993; Wijers i in., 1997) są zgodne z ustaleniami Clarka i Hillyarda. Oznacza to, że wewnętrzne oko pierwszy mierzalny wpływ wywiera na poziomie kory pozaprążkowej.

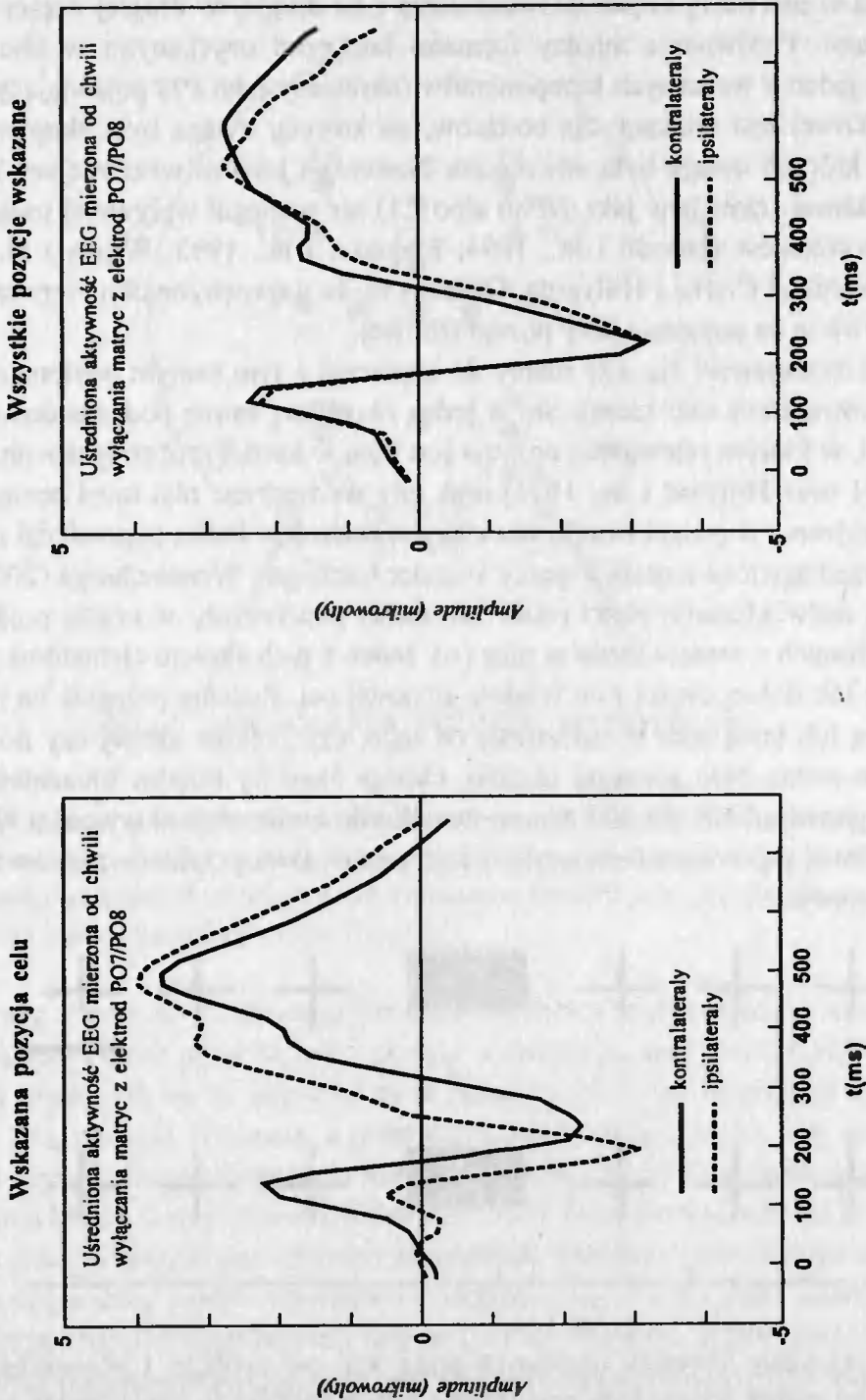
Można zastanawiać się, czy mamy do czynienia z tym samym poziomem przetwarzania, gdy wewnętrzne oko kieruje się w jedną określoną stronę podczas doświadczenia, jak w sytuacji, w którym relewantna pozycja jest inna w każdej próbie (patrz np. Magnum, Hillyard, 1991 oraz Hillyard i in., 1994) oraz gdy wewnętrzne oko musi poruszać się po całym polu widzenia w poszukiwaniu właściwych bodźców. Próba odpowiedzi na to ostatnie pytanie przedstawiona została w pracy Van der Lubbeego i Woestenburga (2000).

W ich doświadczeniu paski (małe lub duże) poprzedzały w czasie pojawienie się szeregów złożonych z sześciu znaków plus (+). Jeden z tych sześciu elementów pozbawiony był górnej lub dolnej części i on właśnie stanowił cel. Zadanie polegało na tym, by reagować prawą lub lewą ręką w zależności od tego, czy brakuje górnej czy dolnej części krzyżyka. Nie wolno było poruszać oczami. Odstęp czasowy między prezentacją pasków i szeregów wynosił od 100 do 300 ms, co umożliwiło zmierzenie aktywności elektrycznej mózgu wywołanej pojawieniem się pasków i szeregów. Dwa przykłady pasków i szeregów prezentuje rycina 6.



Ryc. 6. Dwa przykłady szeregów używanych przez Van der Lubbeego i Woestenburga (2000). W części próbek szeregi były poprzedzane małym paskiem (u góry) zawsze wskazującym pozycję, w której prezentowany był cel. W innych próbkach szereg był poprzedzony długim paskiem, który wskazywał wszystkie pozycje (u dołu).

Jak należało oczekiwać, odpowiedzi były szybsze, gdy mały pasek wskazał wcześniej, gdzie będzie prezentowany cel. Następnie zbadaliśmy formy falowe, czyli wzorce oscylacji wywołane szeregami w odniesieniu do sytuacji, w której poprzedzone one były małymi lub dużymi paskami, przy czym wprowadziliśmy korektę na aktywność związaną z samym pojawieniem się pasków (patrz rycina 7).



Ryc. 7. Zapis EEG wyliczony z próbek z małym i dużym paskiem. Początek zapisu odpowiada momentowi pojawienia się szeregu (Van der Lubbe, Woestenburg 2000). W przedstawionym zapisie skorygowano efekty wynikające z aktywności sensorycznej wywołanej poprzedzającymi cel paskami. Oś x odnosi się do czasu, na osi y odłożono uśrednioną aktywność elektryczną. Kierunek ku górze oznacza potencjał dodatni względem elektrody odniesienia.

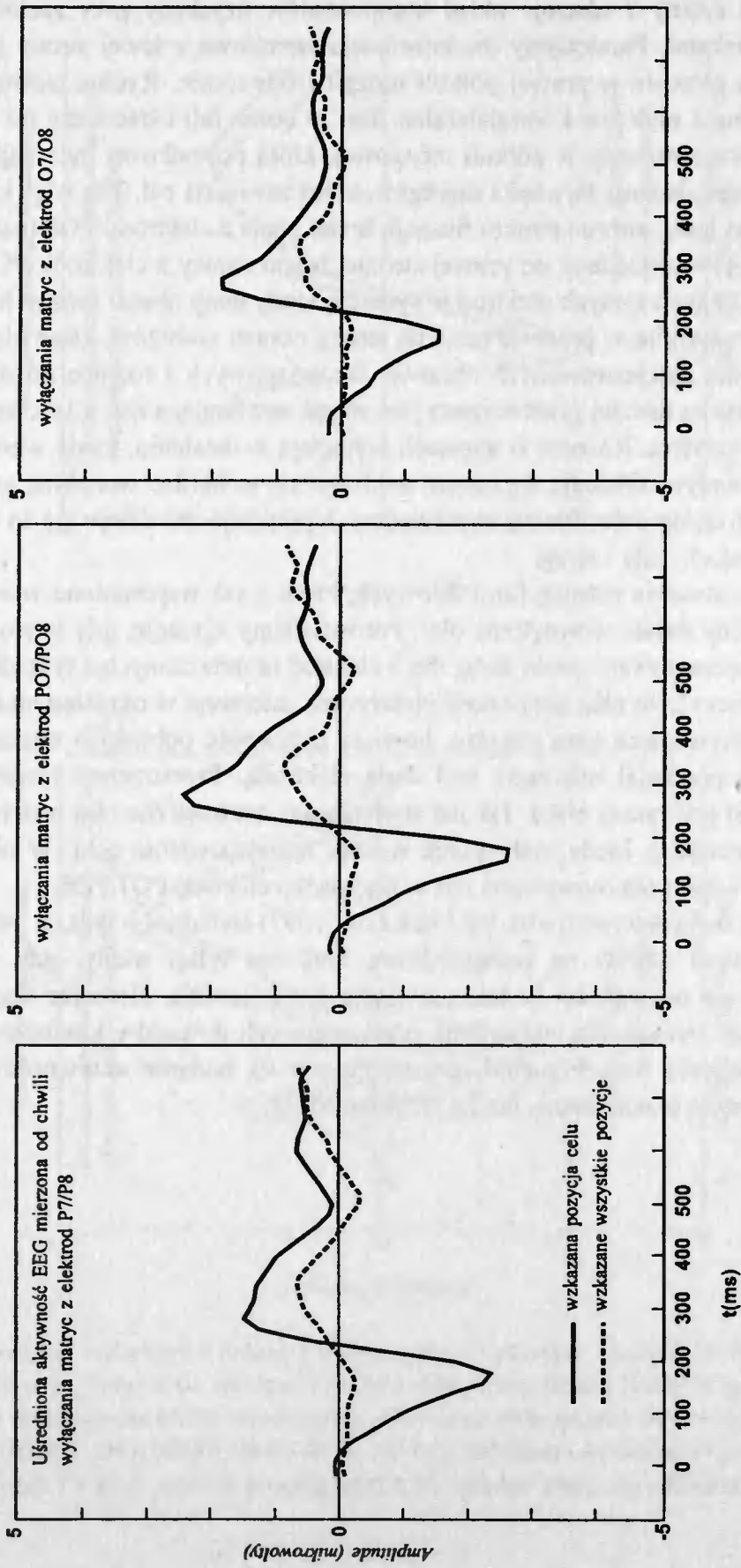


Lewa strona ryciny 7 ukazuje układ komponentów uzyskany przy zastosowaniu wersji z małymi paskami. Pamiętajmy, że informacja wzrokowa z lewej strony jest najpierw przetwarzana głównie w prawej półkuli mózgu i odwrotnie. Rycina ukazuje dwie formy falowe – jedna z nich jest kontralateralna. Jest to obraz fali uśredniony po elektrodach PO7 i PO8 zarejestrowany w półkuli mózgowej, która początkowo była najbardziej zaangażowana w przetwarzanie tej części szeregów, która zawierała cel. Tak więc kiedy cel był prezentowany po lewej stronie punktu fiksacji, brano zapis z elektrody PO8 (patrz rycina 5), a kiedy cel był wyświetlany po prawej stronie, brano zapisy z elektrody PO7. Inny zapis fali otrzymano z tych samych elektrod w sytuacji, kiedy dany obszar mózgu był zaangażowany przede wszystkim w przetwarzanie tej strony obrazu szeregów, które nie zawierały celu. Porównanie zarejestrowanych obrazów fal mózgowych i różnice między nimi pozwalają stwierdzić, że inaczej przetwarzana jest strona zawierająca cel, a inaczej strona, która tego celu nie zawiera. Różnice w zapisach pomagają w ustaleniu, kiedy wewnętrzne oko wywiera swój wpływ. Okazuje się zatem, że dzieje się to bardzo wcześnie, gdy mały pasek wskazuje położenie celu. Prawa część ryciny 7 pokazuje, że dzieje się to później, jeżeli duży pasek wskaże cały szereg.

Rycina 8 przedstawia różnicę form falowych, która – jak wspomniano wcześniej – jest wskazówką, kiedy działa wewnętrzne oko. Porównaliśmy sytuację, gdy użyto małych pasków i tę, gdzie prezentowano paski duże, dla 3 elektrod umieszczonych z tyłu głowy.

Trzeba zaznaczyć, że taka aktywność elektryczna mierzona w określonym miejscu, nie jest „czystą” aktywnością tego obszaru, bowiem aktywność pobliskich obszarów ma również wpływ na potencjał mierzony pod daną elektrodą. Przestrzenna rozdzielczość zarejestrowanych fal jest raczej niska. Jak już stwierdzono, wewnętrzne oko wywiera swój wpływ znacznie wcześniej, kiedy mały pasek wskaże umiejscowienie celu. W obu sytuacjach największa różnica odnotowywana jest w przypadku elektrod PO7/PO8.

Wyniki tych doświadczeń (patrz też Luck i in., 1997) świadczą o tym, iż wewnętrzne oko wywiera swój wpływ na pozapąrkową korę nie tylko wtedy, gdy miejsce, w którym znajduje się odpowiedni bodziec, zostanie już wskazane, ale także wtedy, gdy celu trzeba poszukać. Jednak dla znalezienia przekonujących dowodów konieczne są doświadczenia przy użyciu innych metod, pozwalających na badanie aktywności mózgu z lepszą rozdzielczością przestrzenną, jak na przykład MEG.



Ryc. 8. Różnica fal obliczona dla trzech pozycji elektrod umieszczonych z tyłu głowy. Odchylenia od linii bazowej wskazują, że przetwarzanie strony zawierającej cel różniło się od przetwarzania strony, która celu nie zawierała.

## Obszary mózgu kontrolujące wewnętrzne oko

Kolejna kwestia dotyczy tego, które obszary mózgu zaangażowane są w kontrolę wewnętrznego oka. Dokonaliśmy wcześniej podziału na dwa typy sterowania – za pomocą woli (endogenne) i przez zdarzenia w polu widzenia (typ egzogenne). Jeżeli chodzi o endogenne typ kontroli, to badania z wykorzystaniem pozytronowej tomografii emisyjnej (PET) wykonane przez Corbetta i in., dowodzą ciemieniowej lokalizacji jej ośrodków. Potwierdzają to dane zebrane od pacjentów z zaburzeniami uwagi, takimi jak zespół jednostronnego zaniedbywania przestrzeni. Pacjenci z takimi deficytami często zostawiają jedzenie z lewej strony talerza czy pomijają elementy znajdujące się po lewej stronie rysowanych obrazków. Te dane jednak nie są w pełni jasne i nie do końca pasują do teorii dotyczącej sposobu działania uwagi, zapewne dlatego, że deficyty uwagi obejmują kilka podtypów z różnorodnymi dysfunkcjami (Tenger, Levander, 1991). Co więcej, ostatnie badania wskazują, że różnica między przetwarzaniem informacji przez lewą i prawą półkulę może odgrywać znaczącą rolę w deficytach uwagi (Halligan, Marshall, 1998).

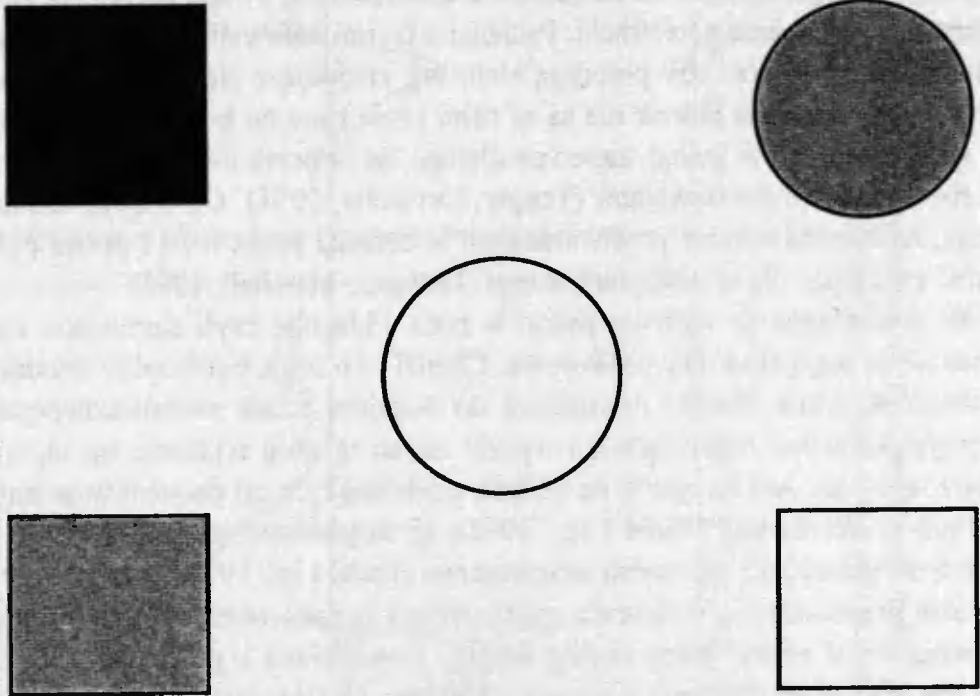
W odniesieniu do wpływu zmian w polu widzenia, czyli sterowaniu egzogenne duże znaczenie mają struktury podkorowe. Chodzi tu o szlak neuronalny wiodący od oczu, przez wzgórek górny blaszki czworaczej do wzgórza (szlak siatkówkowo-pokrywowy), który przypuszczalnie odpowiada za wpływ zmian w polu widzenia na ukierunkowanie wewnętrznego oka. Jest to oparte na danych pochodzących od pacjentów ze zniszczonymi strukturami podkorowymi (Rafał i in., 1998), ze ślepowidzeniem (Rafał i in., 1990), jak również doświadczeń ze zdrowymi uczestnikami (Rafał i in., 1991). Pamiętajmy też o tym, że poprawa przetwarzania wywołana nagłą zmianą w polu widzenia (sterowanie egzogenne) zmienia się w straty, jeżeli odstęp między ową zmianą a prezentacją odpowiedniego bodźca jest zbyt długi. Badania Abramsa i Dobkina (1994) sugerują, że to hamowanie powrotu związane jest ze szlakiem siatkówkowo-pokrywowym. Te ustalenia wskazują na duże znaczenie tego szlaku w sterowaniu egzogenne (patrz też Posner i in., 1985).

## Funkcje wewnętrznego oka

Obecnie wiemy już dużo o wewnętrznym oku i uwadze wzrokowej, ale zasadnicze pytanie, które pojawiło się na końcu dziewiętnastego wieku, wciąż czeka na odpowiedź. Na początku tej pracy zaznaczyłem, iż użycie w tytule wyrażenia „wewnętrzne oko” spowodowane jest tym, że prawdopodobnie niektóre jego funkcje odnoszą się do widzenia. Pozostaje to jednak nie do końca jasne. Omówię teraz pięć różnych koncepcji i przedstawię odpowiednie dane.

William James w 1890 r. zauważył, że musi istnieć jakiś rodzaj selekcji informacji wzrokowych, pozwalający jednemu obiektowi osiągać świadomość: „...jednak liczne rzeczy mogą być poznane w jednym impulsie świadomości, dla której tworzą jeden skomplikowany obiekt...” Według Jamesa zatem wewnętrzne oko spełnia funkcje filtra poprzedzającego świadomość, gdyż ta ostatnia jest ograniczona. Uważa on, że istnieje ścisły związek między wewnętrznym okiem a świadomością.

Punkt widzenia Broadbenta (1971) związany jest z poglądami głoszonymi w 1894 r. przez Helmholtza. Broadbent twierdzi, że zdolność przetwarzania informacji przez system nerwowy jest ograniczona, dlatego potrzebny jest filtr selekcyjny, wewnętrzne oko. Główna różnica między tymi dwoma ujęciami to poziom, na którym działa wewnętrzne oko. Według Broadbenta dzieje się to wcześniej, a według Jamesa późno, bo dopiero tuż przed poziomem świadomości. Bardziej specyficzne ujęcia proponują Treisman i Gedale (1980) oraz Luck i in. (1997).



Ryc. 9. Pięć obiektów prezentowanych w różnych pozycjach w polu widzenia. Problem łączenia cech.

Obrazowe przedstawienie poglądów Treisman i Gedale prezentuje rycina 9. Pokazano tu pięć różnych obiektów, jednak poszczególne ich cechy (kolor, forma, lokalizacja), jak się powszechnie uważa, przetwarzane są osobno, w różnych częściach mózgu (patrz np. Zeki, 1981). Skąd zatem możemy później wiedzieć, jaki jest kolor obiektu o określonej formie? Skąd mózg wie, jaki kolor przypisać danemu obiektowi, skoro w polu widzenia jest ich wiele? Problem ten jest złożony, a zdaniem Treisman jego rozwiązanie stanowi wewnętrzne oko. Ono „skleja” przetwarzane osobno informacje, tworząc z nich na nowo jeden obiekt. Z tego ujęcia wynika, że możemy znać kolor i formę tylko jednego przedmiotu spośród wcześniej widzianych, tego, na który nasze wewnętrzne oko było akurat skierowane.

Inny, choć związany z powyższym poglądem prezentuje Luck i in. (1997). Utrzymują oni, iż uwaga jest niezbędna, ponieważ pola recepcyjne neuronów zachodzą na siebie. Jeżeli złożone obiekty pojawiają się w miejscach sąsiadujących ze sobą, ich obrazy trafiają do tych samych pól recepcyjnych, ponieważ wielkość pól recepcyjnych wzrasta wzdłuż drogi

brzuszej. Ta dwuznaczność może być zlikwidowana przez uwagę, która zapobiega dalszemu przetwarzaniu niewłaściwych obiektów.

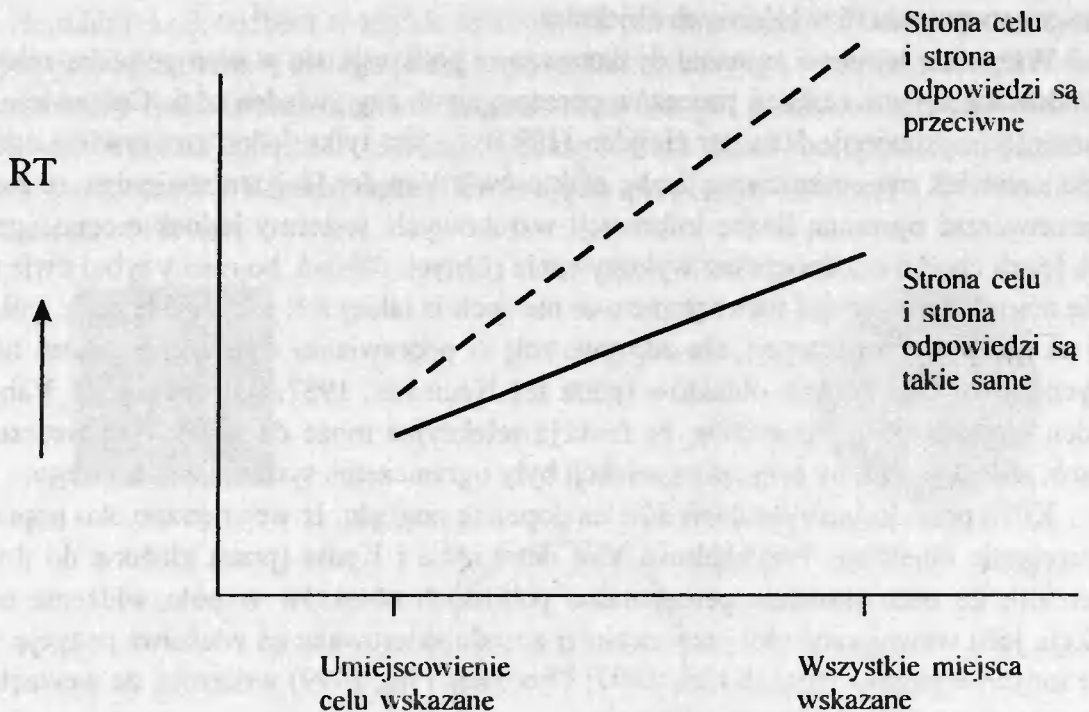
Wszystkie te ujęcia są nadal dyskutowane i podkreśla się w nich potrzebę selekcji, spowodowaną ograniczeniami procesów percepcyjnych czy świadomości. Całkowicie odmienne ujęcie proponuje Van der Heijden (1992): „...jest tylko jedno rzeczywiste ograniczenie: człowiek ma ograniczoną liczbę efektorów”. Van der Heijden stwierdza, że możemy przetwarzać ogromną liczbę informacji wzrokowych, jesteśmy jednak mocno ograniczeni, jeżeli chodzi o jednoczesne wykonywanie różnych działań, bo mamy tylko dwie ręce i dwie nogi. Według niego wewnętrzne oko nie spełnia takiej roli jak zwykle oczy, polegającej na polepszaniu percepcji, ale odgrywa rolę w poprawianiu wykonania działań odnoszących się do określonych obiektów (patrz też Neumann, 1987; Allport, 1987). Van der Heijden nie zaprzecza wprawdzie, że funkcja selekcyjna może działać już na wczesnych etapach, jednak wątpi, by przyczyną selekcji były ograniczenia systemu wzrokowego.

Kilka prac dostarczyło dowodów na poparcie poglądu, iż wewnętrzne oko poprawia spostrzeżenie obiektów. Przykładowo Van der Lubbe i Keuss (praca złożona do druku) stwierdzili, że oddziaływanie perceptualne pobliskich obiektów w polu widzenia ulega redukcji, jeśli wewnętrzne oko już wcześniej zostało skierowane na właściwą pozycję. Te i wiele innych wyników (Joseph i in., 1997; Theeuwes i in., 1999) wskazują, że wewnętrzne oko poprawia spostrzeżenie pola widzenia.

Są jednak również dowody na to, że istnieje związek między ruchem wewnętrznego oka w kierunku obiektu i działaniami po stronie tego obiektu. Inna analiza danych (Van der Lubbe, Woestenburg, 1999) uzyskanych przez Van der Lubbe i Woestenburga (2000) w doświadczeniu z szeregami (rycina 6) wskazuje, że poszukiwanie celu ułatwia działanie po stronie, gdzie on się znajduje, ale nie wtedy, gdy wewnętrzne oko już zostało skierowane na odpowiednią pozycję. Ogólny wynik obrazuje rycina 10.

Jeśli mały pasek pojawiał się we właściwym miejscu (wskazywał umiejscowienie celu), reakcje były niemal takie same wtedy, gdy strona, po której znajdował się cel oraz ręka, którą należało zareagować, były kompatybilne (linia czarna) i wtedy, gdy były one niekompatybilne (linia zielona). Efekt kompatybilności umiejscowienia celu i ręki, którą trzeba było zareagować, pojawiał się natomiast, kiedy należało wyszukać cel (wszystkie pozycje zostały wskazane). Reakcje były szybsze, kiedy cel znajdował się po tej stronie, po której trzeba było dać odpowiedź i wolniejsze, jeżeli leżał po stronie przeciwnej. Skierowanie wewnętrznego oka na cel, ułatwia zatem działanie po stronie, po której się ten cel znajdował (patrz też Yeshurun, Carrasco, 1998; Van der Lubbe i in., w przygotowaniu; Wascher, Wauschkuhn, 1996).

Różnica w czasie reakcji pomiędzy próbkami, w których po stronie zawierającej cel znajdowała się ręka udzielająca odpowiedzi (próbki kompatybilne) oraz próbkami, w których ręka udzielająca odpowiedzi była po przeciwnej stronie (próbki niekompatybilne) okazała się względnie mała, gdy pozycja celu była wcześniej znana (gdy wskazówka pokazywała położenie celu), i duża, gdy pozycja celu nie była znana (kiedy wszystkie pozycje zostały wskazane; patrz rycina 10). Tak więc działania w kierunku celu są torowane, gdy pozycja celu została niedawno znaleziona, ale nie wtedy, gdy była już wcześniej znana. Tak więc wewnętrzne oko tylko przez krótki czas faworyzuje akcje w kierunku celu (patrz również Van der Lubbe i in., w przygotowaniu; Wascher, Wauschkuhn, 1996).



Ryc. 10. Wyniki czasów reakcji uzyskanych w badaniach Van der Lubbe i Woestenburga (1999). Czasy reakcji (RT) na osi rzędnych w funkcji liczby wskazanych pozycji (wzdłuż osi odciętych; jedna: wskazana pozycja celu; sześć: wskazane wszystkie pozycje). Czarna linia odnosi się do sytuacji, kiedy cel, pojawiał się po stronie ręki, którą należało odpowiedzieć (próbki kompatybilne), a linia przerywana do sytuacji, kiedy cel pojawiał się po przeciwnej stronie (próbki niekompatybilne).

### Podsumowanie

Kilka doświadczeń dowodzi istnienia czegoś, co można by nazwać wewnętrznym okiem. Może być ono kontrolowane zarówno przez wolę (endogennie), jak i przez pole widzenia (egzogennie). Pierwszy poziom, na który wewnętrzne oko wywiera swój wpływ to kora pozapąrkowa i prawdopodobnie również na nią działa oko wewnętrzne, gdy szukamy odpowiedniego elementu. Wydaje się, że wewnętrzne oko sterowane jest endogennie przez korę ciemieniową i egzogennie przez struktury podkorowe wzdłuż szlaku siatkówkowo-pokrywowego. Ostatecznie funkcja uwagi wydaje się być dwójaka: po pierwsze, poprawa identyfikacji nowego obiektu zanim jeszcze oczy się na niego skierują, co skutkuje przede wszystkim zyskaniem na czasie, a po drugie, torowanie działania odnoszącego się do nowego obiektu, co również przynosi skrócenie czasu.

## LITERATURA CYTOWANA

- Abrams, R.A., Dobkin, R.S. (1994). Inhibition of return: Effects of attentional cuing on eye movement latencies, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 467-477.
- Allport, D.A. (1987). Selection for action: some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. W: H. Heuer, A.F. Sanders (red.) *Perspectives on Perception and Action*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Broadbent, D.E. (1971). *Decision and Stress*. London: Academic Press.
- Clark, V.P., Hillyard, S.A. (1996). Spatial selective attention affects early extrastriate but no striate components of the visual evoked potential, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 387-402.
- Corbetta, M., Miezin, F.M., Shulam, G.L., Petersen, S.E. (1993). A PET study of visuospatial attention, *The Journal of Neuroscience*, 13, 1202-1226.
- Eriksen, C.W., St. James, J.D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model, *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.
- Halligan, P.W., Marshall, J.C. (1998). Neglect of Awareness, *Consciousness and Cognition*, 7, 356-380.
- Heinze, H.J., Mangun, G.R., Burchert, W., Hinrichs, H., Scholz, M., Münte, T.F., Gös, A., Scherg, M., Johannes, S., Hundeshagen, H., Gazzaniga, M.S., Hillyard, S.A. (1994). Combined spatial and temporal imaging of brain activity during visual selective attention in humans, *Nature*, 372, 543-546.
- Hillyard, S.A., Luck, S.J., Mangun, G.R. (1994). The cuing of attention to visual field locations: Analysis with ERP recordings. W: H.J. Heinze, T.F. Münte, G.R. Mangun (red.) *Cognitive Electrophysiology*. Boston: Birkhäuser.
- James, W. (1890/1950). *The Principles of Psychology*, tom 1. Authorized edition, Dover Publications, Inc.
- Joseph, J.S., Chun, M.M., Nakayama, K. (1997). Attentional requirements in a „preattentive” feature search task, *Nature*, 387, 805-807.
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H. (1985). *Principles of neural science*. New York: Elsevier (2<sup>nd</sup> edition).
- Koshino, H., Warner, C.B., Juola, J.F. (1992). Relative effectiveness of central, peripheral and abrupt-onset cues in visual attention, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 609-631.
- LaBerge, D., Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification, *Psychological Review*, 96, 101-124.
- Luck, S.J., Girelli, M., McDermott, M.T., Ford, M.A. (1997). Bridging the gap between monkey neurophysiology and human perception: An ambiguity resolution theory of visual selective attention, *Cognitive Psychology*, 33, 64-87.
- Mangun, G.R., Hillyard, S.A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 1057-1074.

- Mangun, G.R., Hillyard, S.A., Luck, S.J. (1993). Electrocortical substrates of visual selective attention. W: D. Meyer, S. Kornblum (red.) *Attention and Performance, XIV.* (s. 219-243). Cambridge: MIT Press.
- Neumann, O. (1987). Beyond capacity: a functional view of attention. W: H. Heuer, A.F. Sanders (red.) *Perspectives on Perception and Action.* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Pivik, R.T., Broughton, R.J., Coppola, R., Davidson, R.J., Fox, N., Nuwer, M.R. (1993). Guidelines for the recording and quantitative analysis of electroencephalographic activity in research contexts, *Psychophysiology, 30*, 547-558.
- Posner, M.I., Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. W: H. Bouma, D.G. Bouwhuis (red.) *Attention and Performance X.* (s. 531-556). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Posner, M.I., Rafal, R.D., Choate, L.S., Vaughan, J. (1985). Inhibition of return: Neural basis and function, *Cognitive Neuropsychology, 2*, 211-228.
- Posner, M.I., Snyder, C.R.R., Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals, *Journal of Experimental Psychology: General, 109*, 160-174.
- Rafal, R.D., Henik, A., Smith, J. (1991). Extrageniculate contributions to reflex visual orienting in normal humans: A temporal hemifield advantage, *Journal of Cognitive Neuroscience, 3*, 322-328.
- Rafal, R.D., Posner, M.I., Friedman, J.H., Inhoff, A.W., Bernstein, E. (1988). Orienting of visual attention in progressive supranuclear palsy, *Brain, 111*, 267-280.
- Rafal, R.D., Smith, J., Krantz, J., Cohen, A., Brennan, C. (1990). Extrageniculate vision in hemianopic humans: Saccade inhibition by signals in the blind field, *Science, 250*, 118-121.
- Tegner, R., Levander, M. (1991). Through a looking glass. A new technique to demonstrate directional hypokinesia in unilateral neglect, *Brain, 114*, 1943-1951.
- Theeuwes, J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets, *Perception & Psychophysics, 49*, 83-90.
- Theeuwes, J., Kramer, A.F., Atchley, P. (1999). Attentional effects on preattentive vision: spatial precues affect the detection of simple features, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25*, 341-347.
- Treisman, A.M., Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention, *Cognitive Psychology, 12*, 97-136.
- Van der Heijden, A.H.C. (1992). *Selective attention in vision.* Routledge: London, New York.
- Van der Lubbe, R.H.J., Keuss, P.J.G. (złożona do druku). *Focused attention reduces the effect of lateral interference in linear arrays.*
- Van der Lubbe, R.H.J., Keuss, P.J.G., Stoffels, E. (1996). Threefold effect of peripheral precues: Alertness, orienting, and response tendencies, *Acta Psychologica, 94*, 319-337.
- Van der Lubbe, R.H.J., Verleger, R., Jaśkowski, P. (w przygotowaniu). *The correspondence effect decreases when the temporal distance between attentional orienting and selection of the response increases.*



- Van der Lubbe, R.H.J., Woestenburg, J.C. (1999). The influence of peripheral cues on the tendency to react towards a lateral relevant stimulus with multiple-item arrays, *Biological Psychology*, 51, 1-21.
- Van der Lubbe, R.H.J., Woestenburg, J.C. (2000). Location selection in the visual domain, *Psychophysiology*, 37.
- Von Helmholtz, H. (1894). *Handbuch der physiologischen Optik*. Hamburg, Leipzig: L. Vos.
- Wascher, E., Wauschkuhn, B. (1996). The interaction of stimulus- and response-related processes measured by event-related lateralizations of the EEG, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 99, 149-162.
- Wijers, A.A., Lange, J.J., Mulder, G., Mulder, L.J.M. (1997). An ERP study of visual spatial attention and letter target detection for isoluminant and nonisoluminant stimuli, *Psychophysiology*, 34, 553-565.
- Yeshurun, Y., Carrasco, M. (1998). Attention improves or impairs visual performance by enhancing spatial resolution, *Nature*, 396, 72-75.
- Zeki, S. (1981). The mapping of visual functions in the cerebral cortex. W. Y. Katsuki, R. Norgren, M. Sato (red.) *Brain mechanisms of sensations*. New York: Wiley.