

Płynna uwaga. Projekt badań dotyczących ruchu płynnego podążania i funkcjonowania uwagi wzrokowej

Ludzkie oko jest tak skonstruowane, że tylko określona część powierzchni zdolnej do odbioru bodźców świetlnych (siatkówka) zapewnia dokładne, ostre widzenie. Tą określoną częścią jest dołek środkowy, czyli zagłębienie w centrum plamki żółtej. Gdy człowiek koncentruje wzrok na jakimś obiekcie, obraz tego przedmiotu rzutowany jest na dołek środkowy [Bochenek, Reicher 2004]. W związku z tym, że najostrejsze widzenie związane jest tylko z częścią obszaru odbierającego bodźce wzrokowe, analiza informacji z pola wzrokowego wymaga istnienia mechanizmu pozwalającego na zmianę położenia punktu koncentracji wzroku w stosunku do obserwowanych obiektów. Mechanizmami tymi są ruchy gałek ocznych, które umożliwiają przeniesienie punktu fiksacji wzroku.

Zmiana kierunku spojrzenia dokonuje się przy wykorzystaniu dwóch podstawowych ruchów gałek ocznych. Mowa tutaj o ruchach sakadowych i ruchach płynnego podążania. Pierwsze z nich występują najczęściej. Ruch sakadowy to szybki ruch balistyczny oka, trwający przeciętnie od 20 do 200 ms. Polega on na skokowym przeniesieniu środka ostrości widzenia pomiędzy kolejnymi punktami fiksacji [Coleman 2003]. Ruchy sakadowe pozwalają na budowanie mentalnej mapy, będącej reprezentacją widzianego obrazu, z „kawałków” informacji wzrokowej. Jako że ruchy te dominują w procesie poznania wzrokowego, istnieje bardzo obszerna literatura na temat charakterystyk fizjologicznych, psychologicznych i neurologicznych tych ruchów. Przedstawiany projekt badawczy dotyczy jednak procesów poznania wzrokowego związanych z ruchem płynnego podążania.

Ruchy te występują, gdy gałka oczna w sposób nieprzerwany przesuwa się za poruszającym się obiektem występującym w polu wzrokowym. Innymi słowy oznacza to, że ruch ten wymaga obecności w obszarze widzenia przedmiotu będącego w ruchu. Twierdzenie to nie jest do końca prawdziwe, ponieważ wykazano, iż ruchy te mogą wystąpić bez poruszającego się przedmiotu (podążanie oczyma za wyobrażonym – nieobecnym w rzeczywistości – obiektem, np. własnym przesuwanym się palcem w całkowitych ciemnościach [Berryhill i in. 2006]. Poza określonymi wyjątkami dla większości ludzi jednak bardzo trudne lub wręcz niemożliwe jest wykonanie ruchu płynnego podążania bez poruszającego się w rzeczywistości obiektu [Krauzlis 2005].

Według Krauzlisa i Lisbergera [1994] ruch płynnego podążania można podzielić na dwa etapy: otwartej i zamkniętej pętli. Etap otwartej pętli to pierwsza akcja

układu wzrokowego w odpowiedzi na poruszający się obiekt, za którym mają podążać oczy. Etap ten zajmuje ok. 100 ms i w tym okresie ruch podążania ma charakter balistyczny, co oznacza, że system nerwowy nie koryguje szybkości wykonywanego ruchu gałek ocznych. Drugi etap zaczyna się około 100 ms od rozpoczęcia ruchu płynnego podążania i trwa do jego zakończenia. W tym etapie występuje ciągła korekta prędkości ruchu oczu dokonywana przez system poznawczy. Gdy osoba stara się śledzić poruszający się obiekt, a ten oddala się od punktu ostrego widzenia, system poznawczy dostosowuje prędkość oka do prędkości ruchomego obiektu, aby osiągnąć stabilizację obrazu (zwiększa się tzw. zysk płynnego podążania). Według tego modelu ruch płynnego podążania jest ze swej natury raczej automatyczny – gdy oko zostanie „zaczepione” o poruszający się obiekt, ruch śledzenia nie wymaga większych zasobów poznawczych [por. Hutton, Tegally 2005]. O kwestii tej będzie jeszcze mowa poniżej.

Poznanie wzrokowe to zespół różnych systemów i procesów. Jednym z nich są procesy uwagi wzrokowej. Ogólnie rzecz ujmując, uwaga wzrokowa to aktywność systemu wzrokowego, której funkcją jest selekcja bodźców wzrokowych. Należy pamiętać, że uwaga nie ma wyłącznie „biernego” charakteru. Uczestniczy ona w procesach decyzyjnych i kontrolnych, wpływając na podejmowane i wykonywane czynności. Ten aktywny charakter uwagi jest niezbędny dla efektywnego przystosowania do środowiska, w którym operuje ludzki system poznawczy [por. Styles 2005]. Takie ujęcie uwagi nie oddaje w pełni złożoności jej funkcjonowania. Uwaga wzrokowa nie jest mechanizmem jednorodnym; jej działanie opiera się na występowaniu wielu procesów (takich jak koncentrowanie uwagi, przemieszczanie uwagi, wzmacnianie przetwarzania bodźców, ignorowanie bodźców *etc.*). Całość dodatkowo komplikuje fakt, że uwaga wzrokowa nie jest mechanizmem działającym niezależnie; łączy się ona mocno z funkcjonowaniem mechanizmów percepcji, pamięci i systemu wykonywania ruchów.

Filtrowanie informacji jest charakterystyczne dla uwagi skupionej. Przy uwadze skupionej przetwarzaniu podlega tylko określony zakres danych wejściowych (np. znalezienie określonego obiektu w pewnym zbiorze). Wyróżnia się także uwagę podzielną. W tym wypadku przetwarzaniu podlegają wszystkie dane wejściowe (np. wykonywanie dwóch zadań jednocześnie) [por. Eysenck, Keane 2005].

Większość badań dotyczących funkcjonowania uwagi wzrokowej była przeprowadzana bez uwzględniania typów ruchów gałek ocznych. Wszystkie odkrycia dotyczące zasad działania uwagi wzrokowej (takich jak rodzaj ukierunkowania uwagi – endogenny bądź egzogeny; rodzaj selekcji uwagi – oparty na obiektach lub na lokacjach; etapy procesu selekcji), zostały dokonane przy użyciu eksperymentów, w których osoby badane, analizując pole wzrokowe, zmieniały punkt fiksacji wzroku, wykorzystując ruchy sakadowe. Badano uwagę wzrokową, opierając się na wykorzystaniu sakad także w tych eksperymentach, w których występowały obiekty w ruchu, lub gdy pole wzrokowe podlegało ruchowi wskutek rzeczywistego bądź wyindukowanego ruchu obserwatora (tzw. przepływ optyczny). Szczególnym przypadkiem badań nad uwagą wzrokową, w których wykorzystuje się poruszające się obiekty, są badania nad śledzeniem wielu obiektów jednocześnie. W tego typu badaniach, zadaniem osoby badanej jest jednoczesne kontrolowanie przemieszczania się kilku

obiektów znajdujących się w polu wzrokowym. Nie jest to przykład zadania na uwagę podzieloną, ponieważ badany nie wykonuje dwóch zadań równocześnie. Czy jest to uwaga skupiona, zdania są tutaj podzielone. Niektóre koncepcje zakładają, że jest jeden punkt koncentracji uwagi przerzucany pomiędzy śledzonymi obiektami, inne proponują, że uwaga ma w takich przypadkach charakter rozproszony [por. Cavanagh, Alvarez 2005]. Z tego też względu badania dotyczące śledzenia kilku obiektów jednocześnie są bardzo interesujące, ponieważ mogą dostarczyć informacji o naturze uwagi, których badania wykonywane w standardowym paradygmacie uwagi skupionej mogą nie zapewnić. Niemniej jednak, tak jak w przypadku pozostałych rodzajów badań nad uwagą wzrokową, w badaniach nad śledzeniem wielu obiektów równocześnie nie uwzględnia się typu ruchu gałek ocznych.

Funkcjonowanie uwagi wzrokowej można rozpatrywać z dwóch punktów widzenia. W aspekcie „aktywnym”, uwaga będzie procesem, który związany jest z wykonywaniem czynności motorycznych (np. ruchów gałek ocznych czy kończyn) [por. Rizzolatti i in. 1994; Schneider i Deubel 2002]. W związku z tym badacze skupili się na problemie, jak uwaga wzrokowa wpływa na ruchy płynnego podążania. W konsekwencji większość badań dotyczy tej kwestii. Uwagę wzrokową można także traktować „biernie”, jako mechanizm selekcji bodźców wzrokowych. W tym wypadku interesującą kwestią będzie, czy uwaga wzrokowa funkcjonuje w taki sam sposób dla ruchów sakadowych i ruchów płynnego podążania. Przegląd literatury pokazuje jednak, że problem, jak uwaga wzrokowa funkcjonuje podczas ruchu płynnego podążania, w niewielkim stopniu interesuje badaczy. Może tak się dzieć z dwóch przyczyn: 1) istnieje założenie, że mechanizmy selekcji bodźców wzrokowych działają tak samo dla obu rodzajów ruchu gałek ocznych, 2) badania te są trudne do przeprowadzenia i wymagają specjalistycznego sprzętu (np. okulografu). Proponowany projekt badań ma na celu weryfikację pierwszego z twierdzeń przy wykorzystaniu zadania, w którym nie ma potrzeby używania specjalnych przyrządów poza komputerem ze zwykłym oprogramowaniem. Najpierw zaprezentowany zostanie skrótowo stan wiedzy na temat działania uwagi przy ruchu płynnego podążania.

Jak już wspomniano, główną osią dyskusji na temat ruchu płynnego podążania jest kwestia jego „automatyczności”. Podstawowym pytaniem jest zagadnienie, czy ruchy płynnego podążania wymagają zasobów uwagi czy też obciążają zasoby poznawcze w niewielkim stopniu. Van Gelder i inni [1994] w swoim badaniu pokazali, że wykonywanie zadania słuchowego podczas ruchu płynnego podążania poprawia efektywność tego ruchu. Dokładniej, angażowanie uwagi w zadanie niewzrokowe powodowało, że w przypadku ruchu płynnego podążania występowało mniej sakad antycypacyjnych i „przestrzelonych”. Według tych badaczy słabsza jakość ruchu płynnego podążania wydaje się pojawiać, gdy podejmowany jest wysiłek celowego wykonania tego ruchu. Takie wyniki wskazywałyby raczej na automatyczny charakter tych ruchów.

Nowsze badania pokazują jednak, że procesy uwagi odgrywają rolę w kontroli płynnego podążania. Hutton i Tegally [2005] w swoich badaniach również wykorzystywali zadanie słuchowe, które było wykonywane podczas ruchu płynnego podążania. Ich wyniki wskazują, że dzielenie uwagi pomiędzy różne zadania prowadzi do pogorszenia wykonania tego ruchu. Oznaczałoby to, że ruchy płynnego podą-

żania nie są bardziej automatyczne niż sakady. Taka koncepcja zaczyna przeważać ostatnimi czasy. Krauzlis [2004] stwierdza, że architektura funkcjonalna systemu odpowiedzialnego za ruchy płynnego podążania jest bardzo podobna do tego od sakad. Występują jednak pewne różnice. Ruch jako cecha obiektu jest ważniejszy dla płynnego podążania, z kolei lokacja obiektu będzie bardziej istotna dla sakad [por. Krauzlis, Stone 1999].

Kerzel i inni [2008] pokazali, że silna redukcja „osiągów” płynnego podążania występuje, gdy uwaga kierowana jest na dodatkowy obiekt, prezentowany bodziec jest wyrazisty, a cel, na który skierowana jest uwaga, powoduje ruch na siatkówce. Według tego autora uwaga jest istotnym elementem wykonania tego rodzaju ruchu.

Większość badań dotyczących związków uwagi wzrokowej i ruchów płynnego podążania koncentruje się na badaniu roli uwagi podczas inicjacji tych ruchów. Ferrera i Lisberger [1995] wykazali, że obecność dystraktora zwiększa latencję płynnego podążania, ale nie ma większego wpływu na ten ruch, gdy on już trwa. Miura ze współpracownikami [2001] pokazali, że wyrazistość celu wpływa na inicjację ruchu płynnego podążania i efekt ten występuje przed startem ruchu celu. Bardzo niewiele jest jednak badań dotyczących tego, jak uwaga wzrokowa funkcjonuje podczas ruchu płynnego podążania. Oprócz wspomnianych badań Huttona i Tegally’ego można jeszcze przytoczyć badania Van Donkelaara i Drew [2002]. Wykazali oni, iż uwaga pomaga podążać za celem bardziej efektywnie (uwaga przyczynia się do wystąpienia wzrostu „osiągów” płynnego podążania) oraz że utrzymywanie ruchu zabiera mniej uwagi niż jego inicjowanie. Pokazali także, co jest bardzo interesujące, że uwaga wzrokowa w przypadku płynnego podążania lokowana jest naprzód od śledzonego obiektu i jeżeli obiekt ten przyspiesza, uwaga jest przesuwana dalej naprzód. Oznacza to, że ruch płynnego podążania determinuje funkcjonowanie uwagi wzrokowej w aspekcie przestrzennym.

Proponowany eksperyment dotyczy kwestii, jak uwaga wzrokowa operuje podczas ruchów płynnego podążania, w szczególności czy jej funkcjonowanie różni się od tego, które zachodzi w przypadku fiksacji wzroku bez wykonywania ruchu okiem. Dodatkowo w planowanym badaniu procesy uwagi wzrokowej będą dotyczyły jej szczególnego rodzaju, tzn. jednoczesnego śledzenia kilku poruszających się obiektów. Przedstawione niżej zadanie będzie przeprowadzane na komputerze i pozwoli ono na dokonanie opisanego porównania. Badaniem będą prezentowane na ekranie zestawy bodźców, na które będą reagowali przez przyciskanie odpowiednich klawiszy na klawiaturze. Eksperyment wykorzystuje klasyczne zadanie używane w badaniach nad śledzeniem wielu obiektów równocześnie [por. Pylyshyn i Storm 1988], oczywiście z pewnymi niezbędnymi modyfikacjami.

W środkowym punkcie ekranu prezentowane będzie niewielkie koło, na którym badani będą koncentrować wzrok. Wokół tego punktu, w różnych od niego odległościach, znajdować się będzie 6 kwadratów, mniejszych niż centralne koło. Kwadraty będą rozrzucone losowo po powierzchni ekranu, to znaczy w każdej próbie położenia tych kwadratów będą inne, jednakże w taki sposób, aby w żadnym z przypadków nie stykały się z sobą lub nie nachodziły na siebie. Po krótkiej przerwie od prezentacji tego ekranu (ok. 500 ms), część kwadratów zostanie oznaczona jako cele. Oznaczenie wybranych kwadratów będzie następowało poprzez ich krótką (ok. 250 ms) ilumi-

nację. W zależności od warunku celów będzie 1, 2 lub 4. Cele to te z kwadratów, które osoba badana będzie miała za zadanie kontrolować uwagą wzrokową podczas koncentrowania wzroku na centralnym kole. Krótką chwilę po oznaczeniu, które z kwadratów będą celami, wszystkie kwadraty zaczną się poruszać z niewielką stałą prędkością w losowo wyznaczonych kierunkach (będzie 8 kierunków do wyboru). Kwadraty będą poruszały się po liniach prostych, przy zachowaniu zasady, że ruch będzie kontynuowany do momentu wystąpienia jednego ze zdarzeń: poruszający się kwadrat zbliży się do centralnego koła; kwadrat zbliży się do innego kwadratu, kwadrat zbliży się do krawędzi ekranu. We wszystkich tych przypadkach każdy kwadrat otrzyma nowy możliwy do realizacji kierunek ruchu. Przy realizacji eksperymentu zostanie obliczona i opracowana każda sekwencja ruchów wszystkich kwadratów dla wszystkich prób wykonywanych przez osobę badaną, tak aby te same sekwencje (lecz w losowej kolejności) były używane w badaniu wszystkich osób.

Po 10 sekundach od oznaczenia wybranych kwadratów jako celów jeden z poruszających się kwadratów (w 50% przypadków cel, w 50% kwadrat nieoznaczony) zostanie ponownie bardzo krótko wyraźnie podświetlony. Zaraz po tym wszystkie kwadraty zatrzymają się, a zadaniem badanego będzie wskazać za pomocą klawiszy, czy podświetlony kwadrat był celem czy nie.

W warunkach ruchu płynnego podążania koło ze środka ekranu, na którym badani koncentrują wzrok, będzie się poruszało ze stałą prędkością (taką samą jak kwadraty) po linii prostej w górę i w dół (gdy koło zbliży się na określoną odległość do krawędzi ekranu, zacznie się poruszać w przeciwnym kierunku). Oznaczenie celów będzie następowało przed rozpoczęciem ruchu wszystkich obiektów (koła i kwadratów). Dalszy przebieg, jak powyżej.

W badaniu będzie także wprowadzony dodatkowy element, zmuszający badanych do nieodrywania wzroku od koła (stacjonarnego lub poruszającego się), który jednocześnie będzie zadaniem na podzielność uwagi. W kole tym wyświetlane będą na przemian kreska pionowa i pozioma w przerwach 500 ms. W pewnym momencie (w zależności od warunku na 1000 ms lub na 100 ms przed oznaczeniem określonego kwadratu jako tego, który badany ma określić jako cel) zamiast jednej z kresek zostanie wyświetlona w kole (przez około 500 ms) strzałka skierowana górami w jednym z 4 kierunków. W warunkach ze strzałkami zadaniem osób badanych będzie zapamiętać, w którą stronę skierowana była strzałka z koła. W takich przypadkach osoby badane będą proszone najpierw o określenie czy podświetlony kwadrat był celem, a następnie o określenie, w którą stronę był skierowany grot strzałki. Będzie mierzona poprawność wskazań dla kwadratów i strzałek. Poprawność odpowiedzi będzie istotniejsza niż czasy reakcji. W dalszych badaniach strzałki z koła będą służyły do wskazań, który kwadrat ma być określony czy jest celem, co pozwoli na zaangażowanie mechanizmów uwagi ukierunkowanej endogennie.

Manipulowanymi zmiennymi będą: stały lub poruszający się punkt fiksacji wzroku, liczba celów do śledzenia (1, 2 lub 4), występowanie lub brak strzałki w kole. Przy tej ostatniej zmiennej manipulowany będzie także moment pojawienia się tej strzałki (przed czy prawie równocześnie ze wskazaniem kwadratu do określenia jako cel). W przypadku zadań z poruszającym się kołem uwzględniany także będzie kierunek poruszania się koła (góra lub dół) i pozycja wskazywanego do określenia kwadratu

(góra lub dół). Zmienną zależną będzie poziom wykonania zadania śledzenia kilku obiektów jednocześnie.

Główne hipotezy zakładają, że śledzenie wielu obiektów jednocześnie będzie gorsze w przypadku ruchu płynnego podążania niż w przypadku braku ruchu gałek ocznych oraz że pogorszenie wykonania zadania śledzenia wielu obiektów wystąpi w zadaniach na podzielność uwagi. Na przedstawienie hipotez szczegółowych niestety nie ma tutaj miejsca.

Wydaje się, że proponowane badanie będzie zawierać zadania pozwalające wystarczająco dobrze zanalizować określone funkcje uwagi wzrokowej. Jest wysoce prawdopodobne, że uzyskane wyniki będą stanowiły interesujący wkład w dyskusję na temat istoty i charakteru mechanizmów śledzenia wzrokowego wielu obiektów oraz tego, jaką rolę dokładnie odgrywa uwaga przy ruchach płynnego podążania.

BIBLIOGRAFIA

- Berryhill M.E., Chiu T., Hughes H.C. 2006, *Smooth pursuit of nonvisual motion*, „Journal of Neurophysiology”, 96, s. 461–465.
- Bochenek A., Reicher M. 2004, *Anatomia człowieka*, Tom V, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Cavanagh P., Alvarez G.A. 2005, *Tracking multiple targets with multifocal attention*, „Trends in Cognitive Sciences”, 9, s. 349–354.
- Coleman A.C. 2003, *Oxford dictionary of psychology*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Eysenck M.W., Keane M.T. 2005, *Cognitive Psychology. A student's handbook*, Psychology Press, Hove, UK.
- Ferrera V.P., Lisberger S.G. 1995, *Attention and target selection for smooth pursuit eye movements*, „The Journal of Neuroscience”, 15, s. 7472–7484.
- Hutton S.B., Tegally D. 2005, *The effects of dividing attention on smooth pursuit eye tracking*, „Experimental Brain Research”, 163, s. 306–313.
- Kerzel D., Souto D., Ziegler N.E. 2008, *Effects of attention shifts to stationary objects during steady-state smooth pursuit eye movements*, „Vision Research”, 48, s. 958–969.
- Krauzlis R.J. 2004, *Recasting the smooth pursuit eye movement system*, „Journal of Neurophysiology”, 91, s. 591–603.
- Krauzlis R.J. 2005, *The control of voluntary eye movements: new perspectives*, „The Neuroscientist”, 11, s. 124–137.
- Krauzlis R.J., Lisberger S.G. 1994, *Temporal properties of visual motion signals for the initiation of smooth pursuit eye movements in monkeys*, „Journal of Neurophysiology”, 72, s. 150–162.
- Krauzlis R.J., Stone L. 1999, *Tracking with the mind's eye*, „Trends in Neurosciences”, 22, s. 544–550.
- Miura K., Suehiro K., Yamamoto M., Kodaka Y., Kawano K. 2001, *Initiation of smooth pursuit in humans. Dependence on target saliency*, „Experimental Brain Research”, 141, s. 242–249.
- Pylyshyn Z.W., Storm R.W. 1988, *Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism*, „Spatial Vision”, 3, s. 179–197.
- Rizzolatti G., Riggio L., Sheliga B.M. 1994, *Space and selective attention [w:] Attention and performance, XV: Conscious and nonconscious information processing*, red. C. Umiltà, M. Moscovitch, MIT Press, Cambridge, USA.
- Schneider W.X., Deubel H. 2002, *Selection for perception and selection for spatial motor action*

are coupled by visual attention: A review of recent findings and new evidence from stimulus driven saccade control [w:] *Attention and Performance XIX: Common mechanisms in perception and action*, red. W. Prinz, B. Hommel, Oxford University Press, Oxford, UK.

Styles E.A. 2006, *Psychology of attention*, Psychology Press, Hove, UK.

Van Donkelaar P., Drew A. 2002, *The allocation of attention during smooth pursuit eye movements*, „Progress in Brain Research”, 140, s. 267–277.

Van Gelder P., Lebedev S., Liu P.M., Tsui W.H. 1994, *Anticipatory saccades in smooth pursuit: task effects and pursuit vector after saccades*, „Vision Research”, 35, s. 667–678.