

Francuz, P. (2007). Teoria wyobraźni Stephana Kosslyna. Proba reinterpretacji. W: P. Francuz (red.), *Obrazy w umyśle. Studia nad percepcją i wyobraźnią* (s. 149-189). Warszawa: Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR.

Piotr Francuz

V. Teoria wyobraźni Stephena Kosslyna. Próba reinterpretacji*

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja, krytyczna analiza i reinterpretacja niektórych założeń teorii wyobraźni Stephena Kosslyna, przeprowadzona na podstawie jej wersji opublikowanej w roku 2005. Omawiana teoria jest najbardziej dojrzałą teoretycznie i uzasadnioną empirycznie koncepcją wyobraźni, jaką dotąd sformułowano na gruncie psychologii. Począwszy od lat siedemdziesiątych była ona opracowywana w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych, prowadzonych na gruncie psychologii poznawczej, a od końca lat osiemdziesiątych - na podstawie wyników badań neuroobrazowania aktywnego mózgu. Do dynamicznego rozwoju teorii bez wątpienia przyczyniła się zdecydowana krytyka jej założeń, formułowana m.in. przez Johna Andersona i Zenona Pylyshyna. Ich ponad trzydziestoletnia dyskusja z poglądami Kosslyna jest znana w literaturze przedmiotu jako *imagery debate*. Pomimo licznych walorów heurystycznych, teoria zawiera jednak pewne nieścisłości, które chociaż nie podważają jej zasadniczych założeń, to czynią ją wewnętrznie niespójną. Ich usunięcie ujawnia nowe aspekty wyobraźni i jej związków z procesami percepcji.

1. Krótka historia debaty na temat wyobraźni

Stephen Kosslyn, profesor psychologii z Uniwersytetu Harvarda, bez wątpienia należy do weteranów psychologicznych badań nad wyobraźnią. Pierwsze eksperymenty dotyczące wyobraźniowego przetwarzania danych wizualnych prowadził już w latach siedemdziesiątych. Do dzisiaj opublikował

Dziękuję Piotrowi Markiewiczowi, Piotrowi Przybyszowi, Magdalenie Szubielskiej, Małgorzacie Torój i Bibianne Bałaj za cenne uwagi do pierwszej wersji niniejszego artykułu, które pozwoliły mi precyzyjniej przedstawić poruszane w nim zagadnienia. Dziękuję również uczestnikom seminarium z psychologii poznawczej, które odbyło się 6 listopada 2006 roku w Wyższej Szkole Finansów i Zarządzania w Warszawie, za wnikliwe pytania i sugestie dotyczące prezentowanych przeze mnie założeń teorii wyobraźni.

niespełna 300 rozdziałów i artykułów w czasopismach naukowych, napisał dziewięć książek, a następnych sześć jest w opracowaniu lub w druku. Jest redaktorem 13 prac zbiorowych oraz współzałożycielem i wydawcą *Journal of Cognitive Neuroscience*. Zdecydowaną większość swoich badań poświęcił wyobraźni wizualnej, nie tylko dowodząc, że może ona być przedmiotem naukowej psychologii (wbrew redukcjonistycznym zapędom behawiorystów), ale nadto, że wyobraźnia nie jest tylko epifenomenem reprezentacji rzeczywistości zakodowanej w strukturach pamięci w postaci sądów (*propositions*), lecz autonomicznym procesem psychicznym.

Podstawowym problemem badawczym, który zwrócił uwagę Kosslyna na wyobraźnię, było pytanie o to, jaki proces psychiczny pośredniczy w przypominaniu informacji semantycznych, które bezpośrednio odwołują się do wizualnych własności spostrzeganych obiektów. Innymi słowy, interesowało go, w jaki sposób ludzie odpowiadają na pytania w rodzaju: „Jaki kształt uszu mają owczarki niemieckie?” (Kosslyn 2003). Inspirację swoich pierwszych eksperymentów czerpał m.in. z prac Ullricka Neissera (1967; 1970) i Allana Paivio (1971).

Na początku lat siedemdziesiątych wyobraźnia interesowała psychologów przede wszystkim ze względu na jej funkcje, a także jako mnemotechnika, strategia poznawcza lub jako proces analogiczny do percepcji (por. Kosslyn 1973). W tym czasie tylko Roger Shepard ze swoimi studentami z Uniwersytetu Stanforda prowadził eksperymenty nad strukturą wyobraźni, a zwłaszcza nad rotacjami umysłowymi i składaniem obiektów przestrzennych w wyobraźni (Cooper, Shepard 1973; Shepard, Feng 1972; Shepard, Metzler 1971). W odróżnieniu od nich Kosslyn rozpoczął badania nad inną operacją wyobraźniową- skanowaniem umysłowym.

Wyniki klasycznych już dzisiaj eksperymentów nad wyobraźnią z lat siedemdziesiątych stały się przyczynkiem do trwającej od niemal 40 lat dyskusji między zwolennikami i przeciwnikami pojmowania wyobraźni jako autonomicznego procesu poznawczego. W literaturze przedmiotu dyskusja na temat wyobraźni znana jest jako *imagery debate*. Niemal od samego początku debaty głównym oponentem Kosslyna był Zenon Pylyshyn, kognitywista z Uniwersytetu Rutgers. Już w 1973 r. napisał on krytyczny artykuł, w którym dowodził, że introspekcyjnie odczuwane zjawisko wyobraźni jest wynikiem przetwarzania informacji semantycznej zawartej w sądach. Tym samym utrzymywał, że wyobraźnia jest rodzajem iluzji, której ulegamy wtedy, gdy na przykład usiłujemy odpowiadać na pytania dotyczące własności obiektów wizualnych lub przestrzennych relacji między nimi. Pylyshyn nie miał wątpliwości, że dane wizualne są kodowane w mózgu/umyśle za pomocą sądów, a nie -jak sugerował Kosslyn lub Paivio - za pomocą specjalnych systemów, przeznaczonych wyłącznie do zapisywania danych sensorycznych.

W kontekście wyników własnych eksperymentów oraz badań prowadzonych w różnych ośrodkach akademickich na całym świecie, stanowisko Pylyshyna było nie do przyjęcia przez Kosslyna. Dał temu wyraz najpierw w artykule, który ukazał się w *Behavioral and Brain Sciences* (Kosslyn i in. 1979), a następnie w opublikowanej w 1980 r. książce *Image and Mind*. Powołując się na wyniki badań psychologicznych dowodził w niej, że wielu z nich nie da się wyjaśnić bez odwołania się do funkcji umysłowego oka (*mind's eye*) skanującego umysłowe obrazy przechowywane w pamięci.

Riposta ze strony Pylyshyna przyszła już rok później. Zarzucił on badaczom wyobraźni, że na rezultaty ich eksperymentów nad skanowaniem i rotacjami umysłowymi zasadniczy wpływ mają instrukcje słowne podawane osobom badanym, oraz że wyniki te można bez trudu wyjaśnić w terminach semantycznej zawartości przekonań osób badanych (zob. Pylyshyn 1981). Argumentując swoje stanowisko Pylyshyn przywołał koncepcję wiedzy ukrytej (*tacit knowledge*) Michaela Polanyiego, do której - jego zdaniem - w niejawnym sposobie odwołują się badani w eksperymentach wyobrażeniowych w analogiczny sposób jak wtedy, gdy na przykład rozwiązują zadania logiczne.

W połowie lat osiemdziesiątych do dyskusji między Kosslynem a Pylyshynem dołączył kanadyjski psycholog z University of Western Ontario, Allan Paivio. Zaproponował on rozwiązanie, zgodnie z którym umysł koduje docierające do niego informacje nie tylko za pomocą sądów (logogenów), ale również za pomocą obrazów (imagenów). Koncepcja tzw. podwójnego kodowania już w tym czasie miała pewne wsparcie w wynikach badań neuropsychologicznych (Paivio 1986; zob. także Paivio 1991; Sadoski, Paivio 2001).

W ostatniej dekadzie XX wieku w debacie na temat wyobraźni pojawił się nowy wątek, związany z zastosowaniem w badaniach neuropsychologicznych aparatury medycznej, która umożliwiła obrazowanie aktywnego mózgu. W 1993 r. Kosslyn razem ze współpracownikami przeprowadził eksperyment, w którym zastosował technikę PET scan, opracowaną do badania kory wzrokowej przez grupę Petera Foxa (1986) z Washington University. Kosslyn ze swoim zespołem zastosował tę samą procedurę obrazowania pierwszo- i drugorzędowej kory wzrokowej (czyli według Brodmanna, pól 17 i 18) podczas wykonywania przez osoby badane zadań wymagających wyobraźni i ze zdumieniem stwierdził jej aktywność. Odkrycie to miało przełomowe znaczenie dla rozważań na temat wyobraźni.

Po pierwsze stało się jasne, że postulowana przez Rogera Sheparda i Susan Chipman (1970) koncepcja izomorfizmu drugiego rzędu, czyli odpowiedniości relacji między obiektami istniejącymi w świecie (spozreganymi w akcie percepcji) a obiektami reprezentowanymi w umyśle (na przykład w postaci wyobrażeń), ma podstawy neurologiczne (por. Choe 2002). Po

drugie, aktywność pierwszorzędowej kory wzrokowej podczas procesów wyobrazeniowych wskazywała na to, że wyobraźnia nie jest epifenomenem propozycjonalnej reprezentacji zjawisk wizualnych, ale że jest procesem autonomicznym o identyfikowanej lokalizacji mózgowej, związanej przede wszystkim z przetwarzaniem sensorycznym.

Liczne dane neuropsychologiczne zgromadzone przez Kosslyna i współpracujących z nim badaczy stały się rdzeniem jednej z najważniejszych jego książek, *Image and Brain*, opublikowanej w 1994 roku. Odwołując się do zupełnie nowej argumentacji rozprawił się w niej m.in. z poglądami, które odbierały wyobraźni prawo do istnienia niezależnego od innych procesów poznawczych. W kolejnych rozdziałach książki sformułował także zarys teorii wyobraźni, której najnowsze opracowanie, z roku 2005, zostanie zaprezentowane w następnej części niniejszego artykułu.

W 1994 r. Pylyshyn napisał recenzję książki Kosslyna, w której powoływał się m.in. na wyniki badań neuropsychologicznych, podważających rzetelność danych zgromadzonych przez jej autora i jego współpracowników. Na przykład Per Roland i Balazs Gulyas (1994) z Karolinska Institute w Szwecji, a także Bernard Mazoyer i współpracownicy z Universite de Caen we Francji (Charlot i in. 1992; Mellet i in. 1995) przeprowadzili replikację eksperymentów Kosslyna i nie potwierdzili wyników jego badań dotyczących aktywności pierwszorzędowej kory wzrokowej podczas zadań wyobrazeniowych. W odpowiedzi na te zarzuty Stephen Kosslyn i Kelvin Ochsner (1994) oraz Kosslyn i in. (1995b) sprawdzili warunki, w jakich były prowadzone replikację ich eksperymentów i stwierdziwszy pewne różnice w procedurze, raz jeszcze przeprowadzili badania, w których nie tylko potwierdzili swoje wcześniejsze wyniki, ale biorąc pod uwagę modyfikacje wprowadzone przez Rolanda i Mazoyera, potwierdzili również wyniki ich badań.

W roku 2003 Stephen Kosslyn i William Thompson przeanalizowali 50 artykułów referujących wyniki badań nad aktywnością pierwszo- i drugorzędowej kory wzrokowej podczas zadań wyobrazeniowych i uporządkowali je ze względu na stosowane w nich procedury i bodźce oraz techniki pomiarowe. W rezultacie ustalili trzy prawidłowości:

- jeśli instrukcja do zadania wyobrazeniowego wymagała wysokiej rozdzielczości wyobrażenia, tzn. takiej, która umożliwiała wyraziste „widzenie” szczegółów, wówczas pola 17 i 18 były aktywne;
- jeśli zadanie wymagało przestrzennych wyobrażeń i aktywność mózgu mierzono za pomocą metody PET scan, wówczas nie stwierdzano, żeby pola wzrokowe były aktywne;
- jeśli jednak dla zadań przestrzennych stosowano czulsze metody pomiarowe (na przykład 4-T fMRI), wówczas ponownie stwierdzano aktywność w tych polach.

Prawidłowości te z jednej strony potwierdziły wcześniejsze intuicje i wyniki badań eksperymentalnych prowadzonych przez Kosslyna i jego zespół, a z drugiej, poprzez wskazanie na pewne ograniczenia instrumentarium badawczego, stanowiły wyraźny sygnał dotyczący daleko idącej ostrożności w interpretowaniu uzyskiwanych za jego pomocą danych.

Do końca XX wieku lawinowo wzrosła liczba badań neuropsychologicznych, ujawniających związki między wyobraźnią a mózgiem. Stephen Kosslyn, Giorgio Ganis i William Thompson (2001) podsumowali je dowodząc, że aktualnie wyobraźnia jest jednym z najbardziej zrozumiałych procesów poznawczych wyższego rzędu. Odpowiedzią na ich punkt widzenia był obszerny artykuł Zenona Pylyshyna, który ukazał się w 2002 r. w *Behavioral and Brain Sciences*. Pylyshyn dowodził w nim, że z faktu, iż procesy wyobrażeniowe i percepcja przebiegają na bazie tych samych struktur neuroanatomicznych, niewiele jeszcze wynika dla rozumienia zjawiska wyobraźni, a już z całą pewnością nie dowodzi, że proces ten można logicznie włączyć jako odrębną składową poznawczej architektury umysłu. Raz jeszcze przywołał koncepcję niejawnej wiedzy, która, jego zdaniem, stanowi podstawę rozumowania dotyczącego możliwych stanów wizualnych, a nie sugerowanego w ramach teorii wyobraźni obrazowego ich przedstawienia. Wynik tych niejawnych i niepenetrowalnych procesów może być przez nas odczuwany jako wyobrażenie, ale bynajmniej nie oznacza to, że obrazy umysłowe są autonomicznymi składnikami funkcjonalnej architektury umysłu.

Podjmując dyskusję z Pylyshynem, Kosslyn, Thompson i Ganis (2002) nie zgodzili się z nim w czterech sprawach.

Po pierwsze stwierdzili, że odwołanie się do wiedzy ukrytej nie wystarczy do wyjaśnienia wszystkich zjawisk związanych z wyobraźnią (na przykład tego, dlaczego zadania polegające na wyobrażaniu sobie linii ukośnych są znacznie trudniejsze niż wyobrażanie sobie linii poziomych lub pionowych). Nie zgodzili się również z Pylyshynem, że teoria wiedzy ukrytej zakłada propozycjonalną formę jej reprezentacji w umyśle. Teoria wiedzy niejawnej jest teorią dotyczącą zawartości, a nie formatu - argumentowali. Ponadto uznali, że teza o niepenetrowalności wiedzy niejawnej bynajmniej nie jest argumentem tylko przeciwko obrazowości (*depictive*) stanów wyobrażanych. Równie dobrze mógłby to być argument przeciwko rozumieniu wiedzy w kategoriach sądów. Teoretyczny status koncepcji wiedzy ukrytej jest bowiem taki sam, jak teoretyczny status koncepcji wyobraźni wizualnej lub sądów, które mogą być składowymi tej wiedzy.

Druga grupa kontrargumentów przeciwko stanowisku Pylyshyna dotyczyła jego zarzutów podważających wartość wyników badań neuropsychologicznych, które ujawniały podobieństwa w zakresie aktywności pierwszorzędowej kory wzrokowej podczas zadań wyobrażeniowych i percepcji. Kosslyn

i współpracownicy zwrócili uwagę na powierzchowność, z jaką Pylyshyn podchodził do tych danych, akcentując raczej te, które nie potwierdzały teorii wyobraźni w sformułowaniu Kosslyna, a także na mieszaniu przez niego poziomów wyjaśniania, zwłaszcza mylenia twierdzeń teoretycznych (takich jak na przykład metafory oka umysłu czy ekranu o określonej rozdzielczości) z danymi empirycznymi, gromadzonymi za pomocą metod neuroobrazowania. Nawet jeśli topograficznie zorganizowane pola pierwszorzędowe aktywizują neurony według porządku stymulacji siatkówek oczu, to przecież nie są ekranem, na który spogląda tkwiący w głowie homunkulus. Ta metafora służy jedynie przybliżeniu relacji między stanami i procesami zachodzącymi w mózgu podczas percepcji i wyobraźni.

Trzecia grupa zarzutów stawianych przez Pylyshyna dotyczyła redukcjonistycznych tendencji w myśleniu neuronaukowców. Kosslyn nigdy nie ukrywał, że jego stanowisko w kwestii relacji umysł-mózg jest redukcjonistyczne: „umysł jest tym, co robi mózg” (*the mind is what the brain does*) (por. Kosslyn 2005). Z tego też powodu twierdził, że tylko poszerzanie wiedzy dotyczącej funkcjonowania mózgu może przynieść satysfakcjonujące rozwiązanie debaty na temat wyobraźni. W tej sprawie Pylyshyn ma odmienne zdanie. Kosslyn przyznał jednak, że na obecnym poziomie rozwoju neuronauki trudno jest jeszcze formułować niekwestionowane prawa naukowe, ale jego zdaniem dla współczesnej psychologii nie ma innej drogi.

Ostatnia grupa zarzutów dotyczy braku klarowności teorii wyobraźni wizualnej. W kilku punktach Kosslyn i jego współpracownicy wskazują na podobne trudności teorii wyobraźni opartej na sądach, by ostatecznie zaproponować Pylyshynowi, że kiedy będzie już dysponował spójną koncepcją, której przewidywania będą heurystycznie płodniej sze niż przewidywania teorii wyobraźni wizualnej, to z przyjemnością podejmą nad nią wnikliwe studia. Na razie jednak nic nie wskazuje na to, żeby Pylyshyn taką teorią dysponował.

W 2003 r. Zenon Pylyshyn raz jeszcze podniósł rękawicę i tym razem na łamach *Trends in Cognitive Science* kolejny raz sformułował argumenty przeciwko koncepcji, zgodnie z którą mózg wytwarza analogowe obrazy. Do dotychczasowej dyskusji nie wniosły one jednak nowych wątków.

Debata na temat wyobraźni bynajmniej nie jest zamknięta. Wiele jednak wskazuje na to, że znowu, podobnie jak na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, zbliżyła się ona do martwego punktu. Zarówno nieprzekonany do teorii wyobraźni Pylyshyn, jak i przeciwny sprowadzaniu wyobraźni do poziomu operacji na sądach Kosslyn, nie znajdują już nowych argumentów na miarę tych, które sformułowali na początku lat osiemdziesiątych i w połowie dziesiątych. Sądzę, że nadszedł czas na pogłębioną refleksję nad konstrukcją aktualnej wersji teorii wyobraźni. W roku 2005

Kosslyn wyłożył swoje stanowisko w tej sprawie, prezentując rozbudowany i opatrzony nowymi dowodami empirycznymi model procesów percepcyjnych i wyobraźniowych. Jest on wypadkową wszystkich dotychczasowych rozwiązań teoretycznych, a przede wszystkim wynikiem debaty nad wyobraźnią, która dla obu stron „konfliktu” bez wątpienia stanowiła silny impuls do poszukiwania satysfakcjonujących argumentów wspierających uznawane przez siebie stanowisko.

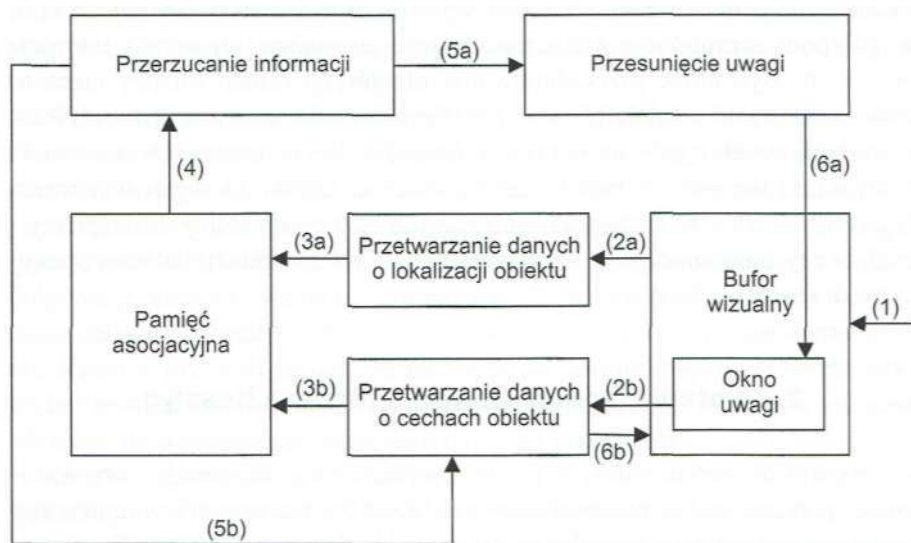
W następnych częściach niniejszego artykułu możliwie dokładnie scharakteryzuję główne składowe teorii wyobraźni Stephena Kosslyna (2005), a następnie zaproponuję kilka znaczących, jak sądzę, jej korekt interpretacyjnych. Być może przedefiniowanie niektórych relacji między elementami składowymi modelu pozwoli na sformułowanie nowych przewidywań, które będą rozstrzygały na korzyść któregoś z dotychczasowych stanowisk. Niewykluczone jest również to, że rozwiązanie debaty na temat wyobraźni kryje się nie tyle w szczegółowych danych eksperymentalnych, wspierających tę czy inną koncepcję, ale w zasadniczej reinterpretacji założeń opozycyjnych teorii.

2. Założenia teorii wyobraźni Stephena Kosslyna

Wyniki eksperymentów, w których wykazuje się aktywność kory wzrokowej podczas zadań wyobraźniowych, Kosslyn traktuje jako empiryczny fundament swojej teorii wyobraźni (przegląd badań zob. Kosslyn, Thompson 2003). Twierdzi, że kora wzrokowa (pola 17 i 18 według Brodmanna) pełni podstawową funkcję zarówno podczas procesów percepcyjnych, jak i wyobraźniowych. Pomimo funkcjonalnego podobieństwa tych dwóch procesów poznawczych, u podstaw teorii wyobraźni wprowadza rozróżnienie między wizualną percepcją a wizualną wyobraźnią.

Zdaniem Kosslyna (2005) o percepcji wizualnej mówimy wówczas, gdy receptory wzrokowe rejestrują obecność bodźca wizualnego, oraz gdy może on być rozpoznany, tzn. jego widzeniu towarzyszy co najmniej poczucie znajomości (*familiarity*) i/lub zidentyfikowany, na przykład przez nazwę, kontekst lub skojarzenia z innymi obiektami. Percepcja wzrokowa jest procesem kontrolowanym zarówno „z dołu”, jak i „z góry”, zgodnie z psychologiczną interpretacją teorii odgórnej przyczynowości (*downward causation*) Donalda Campbella (1974). Z kolei wyobraźnia wzrokowa jest procesem odpowiedzialnym za doświadczanie poczucia „wewnętrznego widzenia” bodźca wizualnego wtedy, gdy system receptorów zmysłowych nie rejestruje jego obecności. Jest więc procesem umysłowego obrazowania obiektów wizualnych, a nie ich opisu za pomocą języka.

W swojej teorii wyobraźni Kosslyn (2005) zakłada sześć modułów. Są one funkcjonalnie przygotowane do przyjęcia z zewnątrz informacji, zmagazynowania jej i przetworzenia w specyficzny dla siebie sposób. W odróżnieniu od wcześniejszych opracowań teorii (zob. np. Kosslyn 1994; na ten temat piszą także Markiewicz i Przybysz w czwartym rozdziale niniejszego tomu), prezentowana tu wersja jest wzbogacona o najnowsze wyniki badań neuropsychologicznych, które definiują relacje poszczególnych struktur funkcjonalnych modelu z odpowiednimi obszarami mózgu.



Ryc. 1. Moduły szlaku wzrokowego zaangażowane w procesy wyobraźni i późniejsze fazy percepcji wizualnej (na podstawie: Kosslyn [2005]. *Mental images and brain. Cognitive Neuropsychology*, 22, 335); cyfry umieszczone obok strzałek wskazują na porządek przepływu informacji w systemie

Model przedstawiony na rycinie 1 ilustruje przepływ informacji na tak zwanym szlaku percepcyjnym w systemie poznawczym człowieka. Każdemu elementowi w tej strukturze odpowiadają określone miejsca w mózgu. Czynnikiem aktywizującym przepływ informacji w modelu jest dana sensoryczna (strzałka 1), docierająca do jego pierwszego elementu, czyli do bufora wizualnego.

2.1. Bufor wizualny

Bufor wizualny jest funkcjonalną strukturą reprezentującą w modelu grupę pierwszo- i drugorzędowych pól wzrokowych (17 i 18) znajdujących się w płatach potylicznych kory mózgu. Podczas percepcji sygnał neuronalny z dołka centralnego w siatkówce oka jest przekazywany za pośrednictwem nerwu wzrokowego do topograficznie zorganizowanego pola 17 (por. Fox i in.

1986; Heeger 1999). Komórki nerwowe w tym obszarze są aktywizowane w taki sposób, że odzwierciedlają zarys kształtu spostrzeganego przedmiotu. Podstawową funkcją bufora wizualnego jest więc zobrazowanie przestrzennych relacji między jego częściami. W buforze wizualnym mogą być także reprezentowane inne, nie przestrzenne cechy obrazowanego przedmiotu, takie jak kolor lub jasność. Zarówno podczas percepcji, jak i wyobrażania bufor służy do wstępnego zorganizowania materiału wizualnego, czy, mówiąc językiem Davida Marra (1982), wykonania pierwotnego szkicu obrazu. Kosslyn porównuje bufor wizualny do tablicy lub dynamicznego ekranu, na którym pod wpływem zewnętrznej stymulacji stale zmieniają się obrazy.

Funkcjonalną strukturą wyróżnioną w ramach bufora wizualnego jest okno uwagi. Kosslyn (2005) sugeruje, że do bufora wizualnego dociera znacznie więcej danych niż może on je szczegółowo przetworzyć. Okno uwagi stanowi zatem rodzaj filtra, selekcjonującego do dalszego przetwarzania tylko część materiału wizualnego, który aktualnie znajduje się w buforze. Okno uwagi jest czymś w rodzaju wewnętrznej przeglądarki (skanera) obrazów powstających w buforze i - zgodnie z teorią - działa niezależnie od ruchów gałek ocznych. Kosslyn (2005) powołuje się m.in. na wyniki badań Julie Brefczynski i Edgara DeYoe (1999) z Medical College of Wisconsin, którzy stwierdzili aktywność neuronalną w pierwszorzędowej korze wzrokowej oraz w systemach grzbietowym i brzuszny (wyjaśnienie funkcji obu systemów - patrz pkt 2.2.) podczas wykonywania przez osoby badane zadania polegającego na identyfikowaniu różnych elementów obrazu bez przenoszenia na nie wzroku. W pierwszej fazie eksperymentu badani zapoznawali się z bodźcem wizualnym. W fazie drugiej pomimo braku ruchów oczu w kierunku sugerowanym za pomocą instrukcji badani trafnie identyfikowali własności wskazanych części obrazu. Kosslyn (2005) interpretuje ten wynik jako przejaw aktywności okna uwagi, które na zapamiętanych danych wizualnych przeprowadza coś w rodzaju umysłowego skaningu. Zarejestrowana przez Brefczynski i DeYoe aktywność neuronalną w korze wzrokowej została przez Kosslyna zinterpretowana jako empiryczne potwierdzenie jego intuicji jeszcze z początku lat siedemdziesiątych, które odnosiły się do skaningu wyobraźniowego.

2.2. Przetwarzanie własności obiektu i własności przestrzeni

Sygnal zmagazynowany w buforze wzrokowym oraz przefiltrowany przez okno uwagi jest przekazywany do dwóch funkcjonalnie niezależnych systemów wzrokowych. Mózgowa lokalizacja obu tych systemów rozpoczyna się w płatach potylicznych. Pierwszy, tak zwany brzuszny (*ventral stream*), biegnie w kierunku dolnych okolic płatów skroniowych, zaś drugi, grzbietowy (*dorsal stream*), zmierza do tylnych obszarów ciemieniowych (Ungerleider,

Mishkin 1982). Wiele dowodów neuropsychologicznych wskazuje na to, że brzuszny system jest odpowiedzialny za przetwarzanie własności obiektów percepcyjnych takich, jak na przykład wielkość, kształt, kolor lub faktura, i dlatego czasem nazywa się go systemem „co?”. Z kolei system grzbietowy jest odpowiedzialny za przetwarzanie informacji przestrzennych, czyli „gdzie?”, a zwłaszcza tych, które pozwalają na lokalizację obiektu w stosunku do obserwatora. Zgodnie z hipotezą sformułowaną przez Davida Milnera (Durham University) i Melvyna Goodale'a (University of Western Ontario) (1995), analiza przestrzeni, w której znajduje się obserwator i spostrzegany obiekt, jest nastawiona nie tyle na jej rozpoznanie, w tym sensie, w jakim sygnał neuronalny przetwarzany na szlaku brzuszny stanowi podstawę do rozpoznania obiektu, ale na sparametryzowanie zachowania motorycznego obserwatora względem niego. System grzbietowy zajmuje się zatem analizą tak zwanej przestrzeni egocentrycznej obserwatora, której metryka nie jest zrelatywizowana do zakresów funkcjonowania systemu percepcyjnego, ale jest absolutna (Milner, Goodale 2004). Ocena odległości w tej przestrzeni musi być rzeczywista (absolutna), gdyż w przeciwnym razie znajdujący się w jej centrum obserwator miałby poważne trudności z wykonaniem jakiegokolwiek precyzyjnego ruchu w odniesieniu do przedmiotów, które najczęściej są widziane w różnych skrótach perspektywicznych (por. Króliczak i in. 2006).

Zdaniem Kosslyna (2005) przedstawiony podział systemów wzrokowych nie jest wykluczający, choćby z tego powodu, że analiza kształtu obiektu także musi uwzględniać relacje przestrzenne między jego częściami. Wskazuje jednak na istotną różnicę między analizą relacji, w jakich znajdują się obiekty w przestrzeni, a analizą przestrzennych relacji wewnątrz obiektu, które definiują jego kształt. Relacje przestrzenne międzyprzedmiotowe mają charakter kontekstowy, tzn. określenie odległości między obiektami i ich położenie względem siebie wymaga ustalenia jakiegoś punktu odniesienia (np. „na lewo od...”, „za...”, „pod...” itd.). Najczęściej tym punktem odniesienia jest sam obserwator. W przypadku relacji wewnątrzobektowych nie ma konieczności definiowania takiego uprzywilejowanego punktu. Wszystkie są równie ważne, ponieważ dopiero ich połączenie tworzy kontur danego obiektu.

Brzuszny system przetwarzania danych o własnościach obiektów percepcyjnych, zakręt skroniowy dolny i środkowy oraz zakręt wrzecionowaty są zlokalizowanymi w mózgu ośrodkami długotrwałej pamięci wzrokowej (por. Kosslyn i in. 1994; 1995a). Są one aktywne zawsze podczas rozpoznawania spostrzeganego obiektu. Ośrodki długotrwałej pamięci wzrokowej przechowują dane o własnościach obiektów wizualnych w postaci skompresowanej, a nie topograficznej.

Kosslyn (2005) twierdzi, że wyobrażenia nie są przechowywane w długotrwałej pamięci wizualnej. Nie są też trwale przechowywane w buforze wizu-

alnym. Przeciwnie, są one wytwarzane każdorazowo w buforze wizualnym na podstawie zaktywizowanych i „rozpakowanych” informacji zakodowanych w pamięci długotrwałej. Jego zdaniem jest to możliwe, ponieważ na szlaku wzrokowym, obok dróg aferentnych, które przekazują sygnał z niższych poziomów przetwarzania do wyższych (na przykład z obszarów potylicznych do zakrętu skroniowego dolnego) również występują połączenia eferentne, które zwrotnie przesyłają dane, na przykład do pierwszorzędowych pól wzrokowych (na ryc. 1 połączenia zstępujące reprezentuje strzałka 6b).

Powołując się na klasyczne koncepcje Williama Jamesa i Donalda Hebba, Kosslyn (2005) twierdzi, że istnienie wskazanych dróg eferentnych jest zgodne z hipotezą, iż wyobrażenia wizualne, które są rekonstrukcją przestrzennych wzorców w topograficznie zorganizowanej pierwszorzędowej korze wzrokowej, są formowane na podstawie informacji zwrotnej przekazywanej z tych obszarów mózgu, które są odpowiedzialne za trwałe przechowywanie danych o własnościach obiektów wizualnych.

2.3. Pamięć asocjacyjna

Pamięć asocjacyjna jest kolejnym elementem modelu Kosslyna (2005) umieszczonym na szlaku wzrokowym. Na podstawie wyników badań neuropsychologicznych, które sugerują, że różne rodzaje pamięci długotrwałej mają swoją lokalizację w różnych częściach mózgu, Kosslyn zakłada, że musi również mieć swoją lokalizację pamięć kojarząca własności spostrzeganych obiektów z własnościami przestrzeni, w której się one znajdują. Dzięki temu możemy poprawnie wyobrazić sobie na przykład typowy rozkład mebli w pokoju lub sprawnie posługiwać się umysłową mapą miasta.

Kosslyn stwierdza również, że analiza percepcyjna złożonych obiektów wizualnych jest przeprowadzana za pomocą wielu kolejnych ruchów gałek ocznych. System wzrokowy sekwencyjnie koduje poszczególne części obiektów, zaś dopiero w pamięci asocjacyjnej są one łączone w jedność. Pamięci asocjacyjnej Kosslyn przypisuje również cechę integratora informacji pochodzących z różnych modalności zmysłowych. Najbardziej prawdopodobną lokalizacją pamięci asocjacyjnej jest okolica zakrętu kąowego i część pola 19 na styku płatów skroniowych i ciemieniowych (por. Kosslyn i in. 1995a).

2.4. System przerzucania informacji (*information shunting*)

Jeden punkt fiksacji oka najczęściej zawiera zbyt mało danych, aby od razu zidentyfikować widziany przedmiot. Najczęściej jego zawartość informacyjna stanowi jednak wystarczającą podstawę do sformułowania hipotezy percepcyjnej dotyczącej tego przedmiotu. Weryfikacja tej hipotezy jest

jednak możliwa tylko wtedy, gdy system wzrokowy uzyska nowe dane na temat nierozpoznanego dotąd obiektu. Zlokalizowany w płatach czołowych decyzyjny moduł przerzucania informacji jest odpowiedzialny za wyciągnięcie dostępnych danych z pamięci asocjacyjnej, sformułowanie hipotezy percepcyjnej i skierowanie jej do modułu przesunięcia uwagi (strzałka 5a) oraz drogą zwrotną ponownie do systemu analizy własności obiektów wizualnych (strzałka 5b). Zadaniem systemu przerzucania informacji jest zatem formułowanie hipotez percepcyjnych oraz kontrola procesu ich weryfikacji.

2.5. Moduły: przesunięcia uwagi (*attention shifting*) i torowania góra-dół (*top-down priming*)

System przesunięcia uwagi steruje subsystemem bufora wizualnego, czyli oknem uwagi (strzałka 6a). Kieruje nim w stronę tych części topograficznej mapy obiektu wizualnego, które mogą pomóc w weryfikacji hipotezy percepcyjnej. Proces skanowania topograficznego obrazu w pierwotnej korze wzrokowej przebiega zgodnie z „oczekiwaniem” zawartymi w hipotezie. Dotyczą one lokalizacji charakterystycznych części spostrzeganego obiektu, których obecność lub brak w obrazie pozwoli na jej weryfikację.

Zdaniem Kosslyna (2005) kluczowym momentem dla teorii percepcji i teorii wyobraźni jest to, że w tym samym czasie, kiedy sygnał z płatów czołowych kierowany jest do modułu przesunięcia uwagi, jest on również zwrotnie wysyłany do systemu analizy własności obiektów wizualnych (strzałka 5b). Sygnał płynący „z góry” zawiera informacje określające najbardziej prawdopodobne rozwiązanie hipotezy percepcyjnej. Można zatem oczekiwać, że podczas percepcji torują one sposób interpretowania danych docierających do systemu przetwarzania własności obiektów wizualnych „z dołu”, czyli z bufora wizualnego. Empirycznym wsparciem dla tej idei są zarówno wyniki psychologicznych badań nad kategoryzacją percepcyjną (zob. Intons-Peterson, Roskos-Ewoldsen 1989; Rosch i in. 1976), jak i dane neuropsychologiczne (np. McAuliffe, Knowlton 2000).

Chociaż dokładnie te same moduły funkcjonalne biorą udział w procesach wyobraźniowych i percepcyjnych, to jednak jest pewna różnica między nimi w zakresie kolejności, w jakiej są one aktywizowane podczas tych procesów. Pod pojęciem „wyobrażenia” Kosslyn (2005) rozumie topograficzny obraz w pierwotnej korze wzrokowej, zinterpretowany ze względu na dane zaktywizowane w module przetwarzania własności obiektów wizualnych. Problem polega jednak na tym, że wyobrażając sobie jakiś obiekt wizualny, system wzrokowy nie ma z nim kontaktu za pośrednictwem receptorów. Oznacza to, że mapa topograficzna w pierwotnej korze wzrokowej nie odzwierciedla wówczas obrazu siatkówkowego. Jaki czynnik jest zatem odpowiedzialny za

aktywność neuronalną w pierwotnej korze wzrokowej podczas zadań wyobrażeniowych?

Zgodnie z sugestią Kosslyna (2005), stanowi go „odgórny” sygnał torujący skierowany z płatów czołowych do systemu analizy własności obiektów wizualnych (strzałka 5b), który jest wystarczająco silny, by wstecznie zaktywizować topograficzną mapę w buforze wizualnym (strzałka 6b). To właśnie w wyniku tej stymulacji w pierwotnej korze wzrokowej obserwowana jest aktywność neuronalną podczas zadań wyobrażeniowych. Zaktywizowany obraz w buforze może być teraz przedmiotem dokładniejszej analizy sterowanej przez system przesunięcia uwagi. Kosslyn ze współpracownikami (1988) wskazują także to, że umysłowy obraz (wyobrażenie) rozbudowuje się niejako zgodnie z procesem przesunięcia uwagi. W badaniach wykazali oni, że na przykład wyobrażenie litery powstaje przez dołączanie kolejnych części, mniej więcej w taki sposób, w jaki ujawnia się ona w kolejnych fazach pisania.

* * *

Przedstawiony zarys teorii wyobraźni nie zawiera wielu szczegółowych danych empirycznych, na które Kosslyn (2005) powołuje się w trakcie jej prezentacji. Ujawnia jednak najważniejsze tezy autora dotyczące przebiegu procesów wyobrażeniowych. Niestety, nie wszystkie one są wyłożone przez niego równie jasno, i nie zawsze spójny jest opis działania zaproponowanego systemu przetwarzania danych percepcyjnych i wyobrażeniowych. Sądzę, że warto więc raz jeszcze, krok po kroku prześledzić wszystkie założenia oraz relacje między modułami teorii, aby w miarę możliwości doprowadzić do konstrukcji wewnętrznie spójnego modelu wyobraźni.

3. Krytyczna analiza teorii wyobraźni Stephena Kosslyna

Każdą próbę reinterpretacji teorii musi poprzedzać jej krytyczna analiza. Badając koncepcję wyobraźni Stephena Kosslyna wyartykułuję zatem pewne wątpliwości i spostrzeżenia, które nasunęły mi się podczas lektury jego artykułu z 2005 r. oraz publikacji referujących wyniki badań, na które powołuje się, dowodząc słuszności swojej teorii. Przedstawię je w porządku przyjętym przez autora teorii, czyli w odniesieniu do kolejnych elementów składowych modelu.

3.1. Wejście do systemu

Kosslyn (2005) rozpoczyna omawianie swojej teorii wyobraźni od charakterystyki bufora wizualnego, zakładając, że praca modelu rozpoczyna się

z chwilą aktywizacji map topograficznych w pierwszorzędowej korze wzrokowej (pole 17; obszar V1). Mapy topograficzne są aktywizowane pod wpływem sygnału płynącego z dołka centralnego w siatkówce oka. Topograficzne odzwierciedlenie obrazu siatkówkowego w mózgu jest wynikiem retinotopowej organizacji dróg wzrokowych, które przekazują projekcje z sąsiadujących ze sobą komórek receptorowych do sąsiadujących ze sobą grup neuronów w obszarze V1. Zaktywizowane neurony w pierwszorzędowej korze wzrokowej odtwarzają relacje między punktami wyznaczającymi kontur spostrzeganego obiektu. Nie jest to jednak odtworzenie izomorficzne. Topograficzny obraz korowy jest zdeformowany, ponieważ zaburzone są proporcje odległości między punktami konturowymi (por. Longstaff 2002). W modelu Kosslyna (zob. ryc. 1) dane wejściowe do bufora wizualnego są reprezentowane przez strzałkę (1) i jest to jedyne zaznaczone „wejście” do modelu. Z tego punktu widzenia mechanika procesów wyobraźniowych jawi się jako składowa percepcji wizualnej ukierunkowanej z dołu do góry.

3.2. Czy mózg ogląda wytwarzane przez siebie mapy topograficzne?

Powołując się na liczne doniesienia z badań empirycznych, zebrane i uporządkowane we wspólnej publikacji z Williamem Thompsonem (2003), Kosslyn (2005) stwierdza, iż niezależnie od tego, czy osoby badane widzą jakiś przedmiot (na przykład na ekranie komputera), czy też wyobrażają go sobie, w topograficznie zorganizowanej pierwszorzędowej korze wzrokowej, czyli w okolicy pola 17 (V1), a także w drugorzędowej korze (pole 18; V2), która nie jest zorganizowana topograficznie, rejestrowana jest wzmożona aktywność neuronalna.

Obszar V1 jest bezpośrednio połączony z drugorzędową korą wzrokową V2 i niemal wyłącznie wysyła do niej projekcje. Alan Longstaff (2002) twierdzi, że pole V2 jest odpowiedzialne za formowanie się całościowego kształtu widzianego przedmiotu, podczas gdy kora pierwszorzędowa (V1) mapuje tylko obraz siatkówkowy. W wyniku uszkodzenia okolicy V2 zostaje poważnie zaburzona percepcja kształtów spostrzeganych przedmiotów (tak zwana agnozja kształtu; por. Humphreys, Riddoch 1987), podczas gdy uszkodzenie V1 w jednej półkuli, w zależności od zakresu, powoduje przeciwstronne niedowidzenie połowicze (hemianopsja jednoimienna). Nawet, gdy uszkodzenie V1 obejmie obie półkule, może wówczas wystąpić zjawisko zaprzeczania ślepoty, czyli tak zwany zespół Antona (zob. Goldenberg, Mullbacher, Nowak, 1995). Topograficzna i rozproszona organizacja pól 17 (V1) i 18 (V2), a także zasadniczo różne konsekwencje uszkodzenia tych części płatów potylicznych wskazują na to, że nie stanowią one jednorodnego modułu na szlaku wzrokowym. Pod pojęciem bufora wizualnego nie mogą się zatem kryć obie te

mózgowe struktury. Ponieważ Kosslyn przykłada szczególnie dużą wagę do zagadnienia aktywizacji map topograficznych w polu VI, można, jak sądzę, przyjąć, że pod pojęciem bufora wizualnego kryje się raczej ten obszar mózgu, choć jego funkcje nie zawsze są konsekwentnie opisywane przez autora koncepcji. Warto zatem przypomnieć kilka informacji dotyczących „mechaniki” aktywizacji pierwszorzędowej kory wzrokowej.

Po pierwsze, podczas widzenia kolumny komórek w polu 17 reagują na stymulację neuronalną płynącą z siatkówek obu oczu, przy czym niemal połowa neuronów w tym obszarze odtwarza obraz z dołka centralnego w plamce żółtej, który obejmuje zaledwie 0,3% powierzchni siatkówki, zaś druga połowa – pozostałe ponad 99% siatkówki (por. Fix 1997; Młodkowski 1998).

Po drugie, ostrość widzenia, która jest funkcją gęstości receptorów wzrokowych, a zwłaszcza czopków zlokalizowanych na powierzchni siatkówki, jest nieporównywalnie wyższa w obszarze dołka centralnego niż ostrość obrazu odtwarzanego przez pozostałą część siatkówki (por. Anstis 1998).

Po trzecie, sygnał neuronalny płynący aksonami komórek zwojowych do ciała kolankowatego bocznego i dalej do VI jest porcjowany w niezależne „paczki”, zawierające informację dotyczącą rozkładu pobudzenia siatkówki podczas kolejnych punktów fiksacji oka. Czasowy wymiar tych porcji jest skorelowany z ruchami sakadycznymi oczu, które z kolei sterowane są przez elektroencefalograficzny rytm α o częstotliwości 8-13 Hz (Searle 1999).

Po czwarte, biorąc pod uwagę, że powierzchnia dołka centralnego obejmuje nie więcej niż 5 stopni kątowych, wielkość pola widzianego z najwyższą rozdzielczością zależy od odległości od obserwowanego przedmiotu. Jeżeli ten znajduje się w odległości na przykład 1 m od obserwatora, wówczas średnica pola powierzchni, które obejmują czopki znajdujące się w dołku centralnym wynosi tylko ok. 8 cm ($2 \times \tan 2,5^\circ \times 100$ cm).

I wreszcie po piąte, ponieważ czas trwania procesu aktywizacji neuronów w pierwszorzędowej korze wzrokowej jest stosunkowo długi, sensoryczne „paczki” zawierające dane dotyczące rozkładu pobudzenia na siatkówce są kwantowane w przedziały, i w rezultacie system percepcyjny po prostu ignoruje wiele faktycznie zachodzących zmian na siatkówkach oczu (por. Pöppel 1989).

Wszystkie te okoliczności sprawiają, że tylko w nielicznych przypadkach mapa topograficzna reprezentująca jeden punkt fiksacji oka obejmuje ostro zarysowany cały spostrzegany obiekt (zob. Tootell i in. 1988; Kosslyn i in. 1995b). Raczej, jak sugeruje Kosslyn (2005), kompletna mapa jest wynikiem sekwencji sygnałów płynących z receptorów wzrokowych, z wielu punktów fiksacji. W kolejnych jednostkach czasowych mózg mapuje różne fragmenty obrazu, dochodząc do możliwie jak najwierniejszego odzwierciedlenia kształtu całego przedmiotu. Oczywiście zadanie to jest tym prostsze, im bardziej sta-

bilna jest zarówno obserwowana scena, jak i jej obserwator. Jeśli porusza się jedno lub drugie, co przekłada się na zmiany perspektywy, wówczas radykalnie spada szansa na precyzyjną rekonstrukcję widzianych w tej scenie kształtów.

Pomimo tych wszystkich ograniczeń jesteśmy przecież w stanie wyraźnie widzieć obserwowane obiekty. Być może oznacza to, że na wczesnych etapach szlaku wzrokowego należy oczekiwać jakiegoś mechanizmu interpolacyjnego lub emulatora, który za cenę aproksymacji obrazu optymalizuje czasy wykonania niezbędnych operacji mózgowych leżących u podłoża widzenia (por. Grush 2004; Młodkowski 1998; szczegółowo omawiam teorię emulacji w rozdziale siódmym niniejszego tomu). Chociaż Kosslyn (2005) nie wypowiada się w tej sprawie, warto rozważyć, czy w ramach postulowanego przez niego modułu bufora wizualnego nie należałoby jednak wyraźnie oddzielić od siebie funkcji mapowania obrazu siatkówkowego w obszarze V1 od funkcji konstruowania całościowej mapy kształtu obserwowanego przedmiotu w obszarze V2. Ostatecznie wiele danych empirycznych wskazuje na to, że retinotopowa mapa pobudzenia siatkówki jest nie tylko niezbyt dokładna, ale nadto najczęściej obejmuje niewielki fragment obserwowanej sceny i dlatego nie stanowi najlepszej podstawy analizy danych sensorycznych. Rozdzielając działanie bufora wizualnego na te dwie funkcje można by oczekiwać, że okno uwagi analizuje dane przetwarzane w obszarze V2, a nie V1.

W tym miejscu warto także dodać, że o ile w odniesieniu do percepcji zagadnienie konstrukcji map topograficznych i tak jest wystarczająco złożone, o tyle nabiera ono szczególnego znaczenia w odniesieniu do wyobraźni, ponieważ podczas zadań wyobrażeniowych neurony w polach 17 (V1) i 18 (V2) nie są pobudzane przez sygnał płynący z receptorów wzrokowych. Jaka zatem postać mapy jest odtwarzana w tych polach podczas procesu wyobrażeniowego? Kosslyn nie daje jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie. Powołując się na wyniki badań prowadzonych przez siebie i współpracowników twierdzi, że w wyobraźni aktywizowane są mapy reprezentujące kolejne etapy procesu percepcyjnego, czyli dane pochodzące z następujących po sobie punktów fikсации oczu (Kosslyn i in. 1988). Kiedy jednak charakteryzuje bufor wizualny, nie zawsze przypisuje mu funkcję urządzenia operującego już na takich formach szkiców mentalnych, które dają się zinterpretować jako pewne całości w świetle danych przesyłanych zwrotnie z systemu przetwarzania własności obiektów wizualnych. Równie często traktuje je jako fragmentaryczne, a nie całościowe, mapy topograficzne zbudowane na podstawie chwilowych pobudeń siatkówki.

Niezależnie od tego, której z wymienionych wersji funkcjonowania bufora wizualnego Kosslyn przypisuje większe znaczenie w ramach teorii wyobraźni, jedno jest pewne: obie wymagają, aby informacja w postaci szkicowej mapy obiektu (topograficznej lub rozproszonej) była na trwałe magazynowana

w pamięci wizualnej. Tylko wtedy podczas wyobrażenia mózg mógłby kopiować informację dotyczącą kształtu obserwowanego przedmiotu na przykład do topograficznie zorganizowanej pierwotnej kory wzrokowej. Czyżby jednak robił to w tym celu, żeby „zobaczyć”, jak wygląda przedmiot, który właśnie usiłuje sobie wyobrazić? Pylyshyn nieco złośliwie komentuje to założenie teorii Kosslyna pisząc, iż „wyobrażenia wizualne przyglądają się obiektom przypominającym obrazki” (*mental images involve inspecting a picture-like object*, 2002: 157).

Chociaż zasadniczo nie zgadzam się z argumentacją Pylyshyna dotyczącą systemów kodowania wiedzy w umyśle, to przytoczona uwaga brutalnie ujawnia pewną słabość analizowanej teorii wyobraźni. Moim zdaniem nie ma żadnego powodu sądzić, że mózg wytwarza wyobrażenia na bazie topograficznych map aktywnych w korze pierwszorzędowej tylko dlatego, że obrazy pobudzeń neuronalnych w tej części mózgu odzwierciedlają kształty widzianych przedmiotów. Ostatecznie to, co badacz obserwuje jako przejaw pracy mózgu, dla niego samego (tj. dla mózgu) może stanowić po prostu najdogodniejszą formę reprezentowania złożonej struktury zapisu siatkówkowego i nic ponadto. Oczywiście należy wyjaśnić, dlaczego te pola są aktywne podczas procesu wyobrażeniowego, ale sądzę, że jest możliwa inna interpretacja tego zjawiska niż zaproponowana przez Kosslyna (2005). Najpierw jednak należałoby nieco uważniej przyjrzeć się, jak zgodnie z jego koncepcją przebiegają procesy percepcyjne.

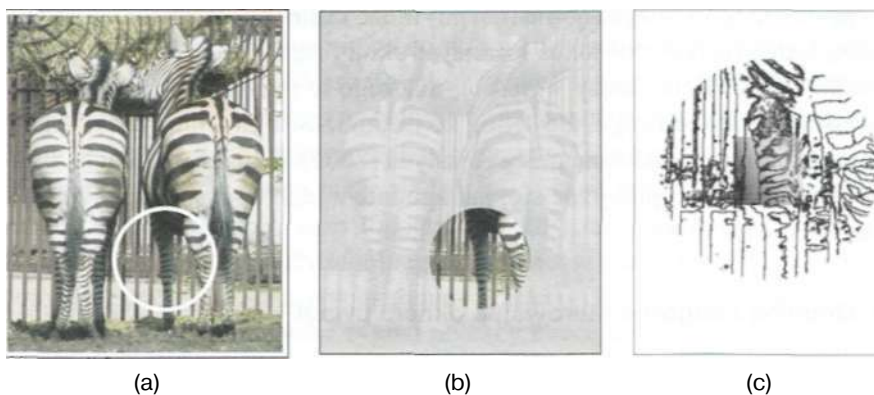
3.3. Oddolne i odgórne sterowanie oknem uwagi

Kosslyn (2005) traktuje okno uwagi mniej więcej tak, jak mechanizm uwagi rozumieli Donald Broadbent lub Anna Treisman, czyli jako filtr nadmiaru informacji na wczesnych etapach przetwarzania informacji sensorycznej. Powołując się na eksperymenty Brefczynski i DeYoe (1999) Kosslyn sugeruje, że okno uwagi jest systemem skanującym topograficzne mapy w pierwszorzędowej korze wzrokowej.

Pojawiają się jednak pytania. Według jakich zasad monitorowany jest neuronalny szkic obiektu wizualnego? Dlaczego skaner przekazuje do dalszego przetwarzania te, a nie inne fragmenty mapy topograficznej? Jakie stosuje kryteria selekcji? Stosunkowo łatwo można odpowiedzieć na te pytania, gdy rozpatrzy się wyniki badań nad uwagą mimowolną, która jest oddolnie sterowana takimi własnościami bodźców wizualnych, jak na przykład kontrast, jasność lub ruch. System wzrokowy poszukuje najbardziej użytecznych informacji, które pozwolą mu na rozpoznanie obiektu. Nieco trudniej jest wyjaśnić mechanikę odgórnej kontroli procesu skanowania obrazu. W tym kontekście psychologowie poznawczy najczęściej odwołują się do pojęcia hipotezy per-

cepcyjnej, która jest formowana na dalszych etapach szlaku wzrokowego, na przykład w płatach czołowych mózgu. Za taką koncepcją opowiada się również Kosslyn (2005). I wydawać by się mogło, że wobec tego okno uwagi ma jasno zdefiniowaną funkcję w ramach modelu. W tym rozumowaniu niepokoi mnie jednak kilka szczegółów, które spróbuję wyjaśnić na przykładzie zinterpretowanym w świetle teorii Kosslyna.

Przypuśćmy, że znajduję się w zoo i stoję przed wybiegiem dla zebra. Moje oko skierowało się w stronę zwierząt i na moment zafiksowało na przedniej nodze jednego z nich (zob. ryc. 2a; biała obwódka oznacza umowną granicę tej części obrazu, która pobudziła receptory w dołku centralnym). W chwilę później obraz z siatkówki (zob. ryc. 2b) zostaje przekazany do pierwotnej kory wzrokowej (bufora wizualnego), gdzie aktywizuje się w formie mapy topograficznej, odzwierciedlającej kontur tej części obserwowanego obiektu, którą zarejestrowały receptory wzrokowe (zob. ryc. 2c).



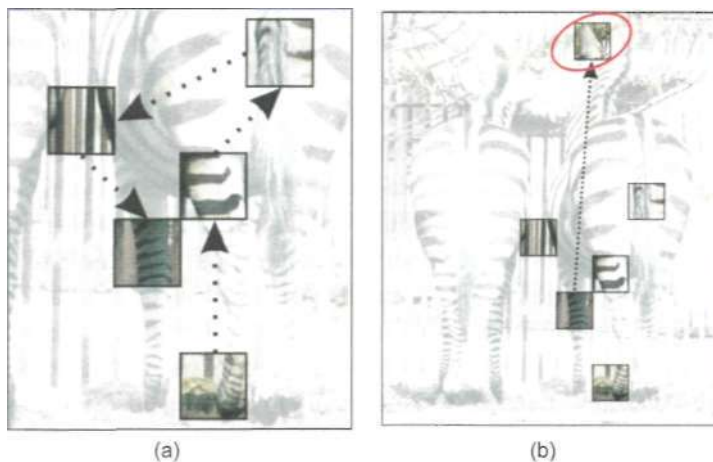
Ryc. 2. (a) Obiekt wizualny z zaznaczonym obszarem o najwyższej rozdzielczości rejestrowanej przez czopki znajdujące się w dołku centralnym, (b) obraz siatkówkowy (nieprzezroczysta część powierzchni sceny reprezentuje obszar rejestrowany peryferycznie) i (c) retinotopowa mapa odzwierciedlająca zawartość dołka centralnego w buforze wizualnym, z zaznaczonym cieniem okna uwagi (biała powierzchnia wokół mapy retinotopowej oznacza peryferyczną część pola widzenia, które ze względu na obniżoną rozdzielczość rejestracji nie stanowi mocnej podstawy do konstrukcji kształtu widzianego przedmiotu)

Fragment tej mapy topograficznej jest szczegółowo badany za pomocą skanera uwagowego (okna uwagi; zob. ryc. 3a) i informacja na jego temat zostaje skierowana do systemów analizy własności obiektu wizualnego i jego lokalizacji. Tutaj pierwotny szkic zostaje wzbogacony m.in. o kolory i o wskaźniki przestrzenne typu wewnątrzobiektywego i międzyobiektywego, na podstawie danych zawartych w pamięci wizualnej (zob. ryc. 3b).



Ryc. 3. (a) Obraz w oknie uwagi zawierający fragment mapy topograficznej i (b) opracowany fragment mapy topograficznej na podstawie danych zgromadzonych w pamięci długotrwałej (zgodnie z wynikami badań, w których wykorzystuje się techniki obrazowania aktywnego mózgu, ta i następne postaci danych wizualnych nie mają już organizacji topograficznej; pozostawiam je w formie ikonicznej wyłącznie ze względów ilustracyjnych)

Kolejnym etapem szlaku wzrokowego jest pamięć asocjacyjna. Załóżmy, że obraz, który odzwierciedlił się na siatkówce oka (zob. ryc. 2b) nie był pierwszym, lecz kolejnym już obrazem obserwowanej sceny. Dane dotyczące aktualnego i poprzednich punktów fiksacji, dostarczone do pamięci asocjacyjnej z systemu długotrwałej pamięci wizualnej, zaczynają łączyć się ze sobą, wyłaniając całą scenę (zob. ryc. 4a). Na podstawie danych dostarczonych



Ryc. 4. (a) Pamięć asocjacyjna, w której kolejne dane pochodzące z punktów fiksacji oka z czasów poprzedzających ostatnią ekspozycję zaczynają ujawniać całą scenę, (b) w płatach czołowych powstaje zarys hipotezy percepcyjnej oraz wynikające z niej przewidywanie dotyczące zawartości następnego fragmentu obrazu siatkówkowego (kwadrat zaznaczony czerwoną obwódką reprezentuje zawartość hipotezy percepcyjnej)

z pamięci asocjacyjnej system przerzucania informacji formułuje hipotezę percepcyjną dotyczącą spostrzeganego obiektu oraz opracowuje zasadę weryfikacji tej hipotezy (zob. ryc. 4b).

Przewidywania wynikające z hipotezy percepcyjnej są zwrotnie przekazywane do bufora wizualnego w celu przesunięcia okna uwagi na te elementy obrazu, które pozwolą ją zweryfikować, oraz do systemu przetwarzania danych o własnościach obiektów wizualnych w celu torowania interpretacji dla kolejnych danych płynących z dołu do góry.

W kontekście przedstawionego przykładu aktywizacji szlaku wzrokowego znowu pojawia się kilka pytań. Najpierw warto zastanowić się na tym, co robi okno uwagi tuż po tym, kiedy w pierwotnej korze wzrokowej powstaje szkic spostrzeganego obiektu (lub jego fragmentu) na podstawie danych pochodzących z pierwszego punktu fiksacji oczu. Czy okno uwagi przesuwają się wówczas w którąś stronę? A jeśli tak, to w którą stronę i dlaczego właśnie w tę? A może kierunek jego ruchu jest całkowicie losowy? Jest jeszcze i taka możliwość, że w ogóle się nie porusza, tylko przekazuje do dalszego przetwarzania tę porcję danych, które pojawiły się w nim (tzn. w oknie) w momencie konstruowania pierwszego szkicu i czeka na odgórne instrukcje, co robić dalej. Tak czy inaczej teoria percepcji powinna wyjaśnić, gdzie najprawdopodobniej znajduje się okno uwagi wtedy, gdy aktywizują się neurony kory pobudzone sygnałami płynącymi z receptorów sensorycznych (zob. ryc. 2c).

Sądzę, że nie można odpowiedzieć na te pytania, jeśli milcząco zgodzimy się z założeniem, że skoro w interesującym nas czasie t z poszczególnych grup receptorów wzrokowych zostaje wysłana projekcja do odpowiadających im grup neuronów w korze wzrokowej (zarówno pierwszo-, jak i drugorzędowej) i w ten sposób zarysowuje się kontur jakiegoś obiektu wizualnego lub jego części, to w czasie poprzedzającym, czyli $t-\Delta$, kora wzrokowa była niczym *tabula rasa*. To założenie jest całkowicie błędne, chociaż jego wadliwość bynajmniej nie była oczywista na przykład dla pierwszych teoretyków uwagi. Zupełnie nie mogli oni sobie poradzić z paradoksem dotyczącym roli znaczenia bodźca w procesie wzbudzania uwagi. Zgodnie z teorią filtra, wyjściowa selekcja informacji, która jest podstawową funkcją uwagi, może być realizowana tylko na określonym poziomie pobudzenia organizmu, czyli w stanie czuwania. W jaki zatem sposób można wyjaśnić zjawisko polegające na tym, że znaczący bodziec o bardzo subtelnym własnościach fizycznych, na przykład zmiana oddechu śpiącego dziecka, może wzbudzić uwagę śpiącej obok matki, skoro bez uprzedniego wzbudzenia system percepcyjny nie jest w stanie dokonać oceny znaczenia tego bodźca?

Odwołanie się do funkcji znaczenia jako stymulatora wzbudzenia uwagi odsłania ważną tajemnicę dotyczącą funkcjonowania szlaków percepcyjnych, w które zaangażowane są procesy uwagowe. By ją ujawnić, najpierw nale-

żałoby założyć, że okno uwagi jest nieaktywne wtedy, gdy poziom czujności organizmu jest niski (na przykład podczas snu). Dla uproszczenia przyjmujemy, że jest ono po prostu nieruchome. Odwołując się do przykładu z matką, której uwagę wzbudza niewielka zmiana rytmu oddechowego dziecka, warto przypomnieć, że mózg nie tylko wytwarza mapy topograficzne w pierwszorzędowej korze wzrokowej, ale również na przykład w pierwszorzędowej korze słuchowej, położonej w zakręcie skroniowym górnym, czyli w okolicach pól 41 i 42. W tym obszarze powstają tak zwane mapy tonotopowe, zawierające reprezentacje częstości dźwięku (por. Longstaff 2002). Pierwszorzędowe pola słuchowe byłyby zatem mózgowym odpowiednikiem bufora słuchowego.

Teraz można już wrócić do pytania o to, gdzie może być unieruchomione okno uwagi tuż przed tym, zanim zostanie ono wzbudzone wraz z przejściem organizmu w stan czuwania i aktywizacji neuronów w pierwszorzędowej korze wzrokowej.

Charakterystyka oddechu śpiącego dziecka jest jednym z najważniejszych wskaźników aktualnego stanu jego organizmu. Nadmiernie przyspieszony lub nierównomierny może oznaczać podwyższoną temperaturę lub trudności z oddychaniem. Niedostrzeżenie tych objawów, na przykład u niemowląt, może doprowadzić nawet do tak zwanej śmierci łóżeczkowej. W mózgu matki pod wpływem doświadczenia kształtuje się wzorec poprawnej charakterystyki dźwięku oddychającego dziecka. Trening pozwala jej na precyzyjną identyfikację tych fragmentów pasma dźwięku, które mają dla niej najwyższą wartość diagnostyczną. To właśnie na tych częściach tonotopowej mapy stabilizuje się jej okno uwagi tuż przed zaśnięciem. I chociaż uwaga „drzemie”, to system sensoryczny stale wysyła sygnały w kierunku jej mózgu. Wystarczy, że w buforze słuchowym zarysuje się szkic niestandardowej mapy tonotopowej, wówczas dochodzi do natychmiastowego wybudzenia organizmu. Nawiasem mówiąc, ten sam mechanizm tłumaczy także zjawisko przeciwne: nawet bardzo intensywny dźwięk może nie doprowadzić do wzbudzenia czujności tylko dlatego, że okno uwagi nie było nastawione na rejestrację jego charakterystyki.

W ten oto sposób można, jak sądzę, w zadowalający sposób wyjaśnić ogólny schemat lokalizacji okna uwagi podczas procesów percepcyjnych. Jego aktualna pozycja na właśnie „wykreślonej” mapie topograficznej jest zatem ściśle związana z pozycją jaką zajmowało w czasie bezpośrednio poprzedzającym. A poprzednio znajdowało się w miejscu, które także było uwarunkowane jeszcze wcześniejszymi okolicznościami, itd. Warto dodać, że modelowe rozwiązanie Kosslyna dotyczące lokalizacji okna uwagi w buforze wizualnym w momencie aktywizacji systemu nie przewiduje jego stanów w czasie poprzedzającym czas aktualny, czyli w czasie $t-1$. Nie może przewidywać, ponieważ jeśli założymy, że okno uwagi operuje na topograficznie zorientowanych zapisach w korze pierwszorzędowej, będziemy się musieli

zgodzić z tym, że akurat ten rodzaj wizualnej reprezentacji pobudzenia siatkówki jest wysoce niestabilny. Tym samym na podstawie teorii nie można przewidywać, jaka porcja informacji z tego punktu fiksacji będzie analizowana na dalszych etapach szlaku wzrokowego.

3.4. Hipoteza holograficznego szkicu pierwotnego w emulatorze percepcyjnym

Obiecującym rozwiązaniem zasygnalizowanej trudności jest zinterpretowanie funkcjonowania bufora wizualnego i okna uwagi w terminach teorii emulacji reprezentacji Ricka Grusha (2004; zob. mój artykuł w siódmym rozdziale niniejszego tomu). Zgodnie z tą koncepcją należałoby przyjąć, że aktualna zawartość bufora wizualnego oraz pozycja okna uwagi i tego, „co w nim widać” w określonym czasie t , jest wyznaczona nie tyle przez sugestie zawarte w hipotezie percepcyjnej, formułowanej na dalszych etapach przetwarzania danych wizualnych, ile na podstawie pierwotnej (szkicowej) hipotezy percepcyjnej, sformułowanej na wcześniejszych etapach. Hipoteza ta byłaby formułowana *a priori* w mózgowym emulatorze całościowej mapy topograficznej, na podstawie danych dotyczących pozycji okna uwagi w czasie $t-1$, zbioru k -zmiennych definiujących aktualne warunki działania systemu percepcyjnego, a zwłaszcza jego celu, który aktualnie jest realizowany przez system percepcyjny, oraz skwantyfikowanych danych napływających z receptorów wzrokowych (por. Grush 2004).

Być może pracę emulatora można byłoby związać z drugorzędową korą wzrokową (obszar V2), której uszkodzenie poważnie zaburza proces rozpoznawania kształtów obiektów wizualnych (agnozja kształtu). Niewykluczone jest również, że mózgowy emulator stanów pobudzenia receptorów wzrokowych i ruchów gałek ocznych jest zlokalizowany nie w polu V2, lecz w płatach ciemieniowych, w których Jean-Rene Duhamel wraz ze współpracownikami (1992) z francuskiego Institut des Sciences Cognitives odkryli neurony reagujące dokładnie tak samo, jak w chwilę później zareagują neurony w korze pierwotnej pod wpływem stymulacji sensorycznej płynącej z oczu. To odkrycie jest wręcz niewiarygodne, ale wygląda na to, że mózg dysponuje mechanizmami, które antycypują stany narządów sensorycznych.

Niezależnie od neuroanatomicznej lokalizacji, emulator - zgodnie z teorią Grusha (2004) - ma dwie zalety. Po pierwsze, jest znacznie szybszy niż moduł pracujący wyłącznie na mózgowych reprezentacjach danych sensorycznych, które sekwencyjnie i w małych porcjach docierają do pierwotnej kory wzrokowej. Po drugie, wszystkie operacje skanowania map topograficznych za pomocą okna uwagi przebiegają w nim na kompletnych szkicach obiektów wizualnych, a nie na ich fragmentach. Ma również jedną wadę: nie jest to sys-

tern niezawodny, ponieważ konstruowane w nim całościowe mapy miałyby wyłącznie postać apriorycznych hipotez. Szkic konturu całego obiektu wizualnego byłby bowiem wytwarzany w emulatorze zanim jeszcze poporcjonowana informacja na temat tego obiektu dotrze do kory wzrokowej z receptorów.

W jaki jednak sposób mogłaby powstać kompletna hipoteza dotycząca kształtu obiektu wizualnego, zanim – jak sugeruje Kosslyn – zostałaby sformułowana w korze czołowej? Przede wszystkim należałoby przyjąć założenie, że podobnie jak trwała pamięć wizualna przechowuje informacje na temat różnych własności spostrzeganych obiektów, tak też i bufor wizualny dysponuje własną kolekcją konturów obiektów, które nabywa w rezultacie kolejnych doświadczeń wizualnych.

Pozostaje jeszcze problem mechanizmu, który operując na stosunkowo niewielkiej ilości informacji sensorycznych docierających do mózgu za pośrednictwem nerwu wzrokowego pozwalałby na sprawne przeszukiwanie i selekcję danych zawartych w szkicowniku bufora wizualnego. Innymi słowy, działanie tego mechanizmu sprowadzałoby się do generowania najbardziej prawdopodobnych hipotez dotyczących kompletnego kształtu spostrzeganego obiektu na podstawie fragmentarycznych danych pochodzących z receptorów wzrokowych, zaktywizowanych przez światło odbite od tego obiektu.

Najbliższą analogią tego typu zjawiska jest powstawanie hologramu. W fotografii dwuwymiarowej każdy oświetlony punkt przedmiotu naświetla odpowiadający mu punkt na błonie fotograficznej. W holografii natomiast każdy punkt przedmiotu odbija światło na całą kliszę. Oznacza to, że do każdego punktu na błonie światłoczułej dociera światło z całego przedmiotu. W rezultacie nawet najmniejszy kawałek kliszy z naświetlonym obrazem holograficznym zawiera kompletną informację o całym fotografowanym przedmiocie. Jedynym ograniczeniem dotyczącym jakości odtwarzania hologramu na podstawie fragmentu kliszy jest to, że im mniejszy jest fragment wyjściowy, tym mniejsza jest rozdzielczość, czyli dokładność odwzorowywanego obrazu. Obraz holograficzny zarejestrowany na kliszy światłoczułej ma ponadto tę własność, że bez odpowiedniego oświetlenia przypomina bezładną kombinację prążków i pierścieni dyfrakcyjnych. Dopiero oświetlenie go spójnym światłem pozwala zobaczyć sensowny, trójwymiarowy obraz.

Hologramy mają szerokie zastosowanie w naukach technicznych, m.in. w procesie przetwarzania i gromadzenia danych o złożonych obiektach przestrzennych, w rozpoznawaniu symboli, kształtów i ocenie podobieństwa, wielokrotnianiu obrazów dwu- lub trójwymiarowych oraz w poprawie jakości odwzorowania układów optycznych. Wszystkie wymienione własności hologramu doskonale nadają się także do opisu zjawisk zachodzących w mózgu, nie tylko na wczesnych etapach szlaku wzrokowego, ale też, na przykład według Karla Pribrama (1991), psychologa i neurofizjologa z Uniwersytetu

Stanforda, mogą stanowić podstawę opisu działania całego mózgu, zwłaszcza w zakresie funkcji pamięciowych.

W tym miejscu chciałbym zwrócić szczególną uwagę na dwie z wymienionych własności hologramu: odtwarzalność całego obrazu na podstawie fragmentów zapisu oraz konieczność zastosowania spójnego światła do odtworzenia trójwymiarowego obrazu. Pierwsza z tych własności ilustruje zasadę formowania się pierwotnej (szkicowej) hipotezy percepcyjnej w buforze wizualnym, druga - stanowi trafną metaforę procesu identyfikacji i rozpoznawania obiektu wizualnego.

Zgadając się z wyłożoną przez Pribrama (1991) argumentacją wspierającą hipotezę holograficznego kodowania danych sensorycznych w strukturach mózgu, nietrudno jest wytłumaczyć, w jaki sposób już pierwsza, niekompletna porcja informacji płynąca z siatkówki oka, które na moment zafiksowało się na obiekcie wizualnym, może zaktywizować całą jego mapę topograficzną. Tak samo niewielka część kliszy, na której zarejestrowano obraz holograficzny, wystarcza do odtworzenia całego obrazu. Oczywiście można oczekiwać, że rozdzielczość (dokładność) tej rekonstrukcji będzie wprost proporcjonalna do wielkości fragmentu wyjściowego w stosunku do całego obiektu. Źródłem aktywowanych *ad hoc* map byłby podręczny szkicownik bufora wizualnego, pełniący funkcję emulatora, który na wczesnych etapach szlaku wzrokowego wytwarzałby najbardziej prawdopodobną hipotezę dotyczącą konturów całego spostrzeganego obiektu. Wyniki wielu badań nad percepcją bodźców podprogowych (o czasach ekspozycji znacznie poniżej 40 milisekund) w pełni potwierdzają tę możliwość.

Podsumowując, chciałbym podkreślić kilka istotnych zalet zaproponowanego rozwiązania. Po pierwsze, pierwotna hipoteza percepcyjna zawiera najważniejsze informacje dotyczące struktury (kształtu) widzianego przedmiotu. Żadna własność obiektu wizualnego nie stanowi tak mocnej podstawy jego kategoryzacji, jak właśnie kształt (Francuz 1990; Marr 1982; zob. również rozdział pierwszy niniejszego tomu, napisany wspólnie przez Dobrosława Bagińskiego i przeze mnie). Po drugie, takie sformułowanie hipotezy pozwala również na znacznie szybszą weryfikację w porównaniu ze złożoną hipotezą, którą generowałby system czołowy. Po trzecie, nie bez znaczenia jest także i to, że hipoteza percepcyjna w postaci figury (*Gestalt*) może być szczegółowo analizowana pod względem morfologicznym i przestrzennym na kolejnych etapach szlaku brzuszego jako cały obiekt, a nie jako jego fragmenty. Ma to podstawowe znaczenie dla jego identyfikacji i rozpoznania. Wyniki badań prowadzonych przez Fangtu T. Qiu i Rudigera von der Heydta z Johns Hopkins University (2005) wskazują na to, że neurony w polu V2 są wrażliwe nie tylko na linie konturowe, wyznaczające kształty spostrzeganych obiektów, ale także na wynikającą z stereosko-

powego widzenia informację dotyczącą głębi tych obiektów. Zdaniem Qiu i von der Heydta pole V2 jest odpowiedzialne za konstruowanie zarówno całościowych dwuwymiarowych, jak i trójwymiarowych kształtów (figur) spostrzeganych przedmiotów zgodnie z gestaltowską regułą organizacji „figura - tło” na podstawie dwuwymiarowych danych projektowanych z V1.

Na zakończenie tej części artykułu warto jeszcze na moment zastanowić się nad rolą, jaką w ramach przedstawionego rozwiązania odgrywałoby okno uwagi. Kosslyn (2005) przypisuje mu funkcję selektora informacji zawartych w buforze wizualnym. Jego zdaniem ze względu na nadmiar informacji zawartych w buforze tylko część z nich może być przekazana do dalszego przetwarzania. Powstaje jednak pytanie, w jakim celu okno uwagi miałoby przekazywać „wyżej” informację o wycinku mapy topograficznej spostrzeganego obiektu, skoro po to, żeby doszło do jego rozpoznania, najbardziej użyteczny byłby całościowy jego kontur. Wyglądałoby to trochę tak, jakby bufor wizualny przekazywał do systemów odpowiedzialnych za rozpoznawanie i identyfikację obiektu jakiś wybrany kawałek, a zadaniem tych systemów byłoby „domyślenie się”, z jakiego obiektu on pochodzi. Byłaby to dość zaskakująca komplikacja i tak wystarczająco już złożonego procesu percepcyjnego.

Można zatem przyjąć, że okno uwagi nie pełni funkcji selekcyjnych, lecz weryfikacyjnych. Jego zadaniem nie jest ograniczanie liczby informacji przesyłanych „wyżej”, ale testowanie trafności pierwotnej hipotezy percepcyjnej. Odwołując się do metafory hologramu należałoby nawet uznać, że jakakolwiek selekcja sygnału przesyłana z pierwszorzędowej kory wzrokowej na dalsze etapy szlaku wzrokowego byłaby wręcz niepożądana. Im dokładniej zostanie zeskanowany obserwowany obiekt za pomocą kolejnych ruchów oczu, tym więcej będzie danych, a w rezultacie większa rozdzielczość holograficznej hipotezy percepcyjnej, dzięki czemu wzrośnie prawdopodobieństwo jej trafnej weryfikacji. (Przy tej okazji można przypomnieć wyniki badań nad skanowaniem wyobraźniowym, prowadzonych m.in. przez Kosslyna [1983], w których zadaniem osób badanych było wyobrażenie sobie jakiegoś fragmentu jednego obiektu w kontekście mniejszego lub większego od niego. Na podstawie wyników tych eksperymentów Kosslyn sformułował hipotezę dotyczącą rozdzielczości ekranu wyobraźniowego, na którym „wyświetla się” wizualizowany obiekt lub scena). Ponadto, jak zostało to już wcześniej wykazane, nie miałyby również sensu selekcja informacji wysyłanych na dalsze etapy szlaku wzrokowego.

Warto w tym miejscu dodać, że jeśli funkcje bufora wizualnego byłyby realizowane w okolicy V2, to jest to właśnie ten obszar mózgu, obok zakrętu czołowego środkowego (pole 8), uznawanego za korowy ośrodek świadomych ruchów gałek ocznych, który jest zidentyfikowany jako ośrodek mimowolnych ruchów gałek ocznych: poszukiwania lub śledzenia (por. Fix 1997). Byłoby to

logiczne: ten sam ośrodek, który jest odpowiedzialny za formowanie hipotezy percepcyjnej, jednocześnie dysponowałby odpowiednimi narzędziami do jej weryfikacji. Wyniki badań prowadzonych przez Stephana Brandta i Lawrence'a Starka (1997) z berlińskiego Neuroimaging Center wskazują, że podczas wizualizacji operacjom skanowania mapy topograficznej w pierwszorzędowej korze wzrokowej także towarzyszą ruchy gałek ocznych. W tym kontekście należałoby dokładniej przeanalizować, jaką funkcję w sterowaniu oknem uwagi pełni kora czołowa (*via* system przesunięcia uwagi) oraz w jaki sposób okno uwagi weryfikuje hipotezę percepcyjną podczas procesu wyobraźniowego.

3.5. O neuroanatomicznych podstawach rozpoznawania obiektów wizualnych i typologii wyobrażeń

Kosslyn (2005), za Leslie Ungerleider i Mortimerem Mishkinem (1982), wskazuje na brzuszny i grzbietowy system analizy własności i lokalizacji jako na podzespoły trwałej pamięci wizualnej, które stanowią podstawę rozpoznawania i identyfikacji spostrzeganych przedmiotów. Omawiając funkcje tych systemów powołuje się na badania prowadzone w latach 1980-1994, tylko na marginesie wspominając kluczową dla reinterpretacji hipotezy Ungerleider i Mishkina pracę Davida Milnera i Melvyna Goodale'a z 1995 roku. Zgodnie z ich modelem, tylko system brzuszny przetwarza informację na potrzeby percepcji, wykorzystując allocentryczne, tzn. zewnętrzne ramy odniesienia. System grzbietowy, który w procesie filogenezy wyspecjalizował się w przetwarzaniu informacji na potrzeby działania, wykorzystuje dane percepcyjne egocentrycznie, tzn. do wyznaczenia położenia przedmiotu w relacji do tego systemu efektorowego, który zostanie wykorzystany w działaniu. Oznacza to, że obydwa systemy opracowują dokładnie tę samą informację percepcyjną o kształcie, wielkości i lokalizacji przedmiotu, ale w różnych celach. System brzuszny wykorzystuje ją do tworzenia reprezentacji percepcyjnych i poznawczych, zaś system grzbietowy do skutecznego działania (por. Klawiter 2004; Króliczak [www...](#); 1999; Milner, Goodale 1995).

Kosslyn (2005) podkreśla, że wyobrażenia nie są na trwałe przechowywane w żadnym z wyróżnionych przez niego modułów, lecz każdorazowo są wytwarzane na podstawie informacji o własnościach przedmiotów zawartych w długotrwałej pamięci wizualnej, w tym również w systemie brzuszny. Oznacza to, że podstawową funkcją długotrwałej pamięci wizualnej jest utrzymywanie informacji o możliwych własnościach obiektów wizualnych i „do-klejanie” morfologii do dostarczanych jej „z dołu” pierwotnych konturów przedmiotów. Taka relacja między buforem wizualnym i systemami trwałej pamięci wizualnej ma, moim zdaniem, fundamentalne znaczenie dla rozważań nad przebiegiem procesów percepcyjnych i wyobraźniowych. W odniesieniu

do percepcji pozwala wyjaśnić, dlaczego mamy problemy z rozpoznawaniem nowych przedmiotów lub zupełnie nie dostrzegamy niektórych z ich własności. Z kolei w odniesieniu do wyobraźni lepiej rozumiemy mechanizm powstawania swobodnych zestawień różnych własności obiektów według zasad, które łamią typowe schematy percepcyjne. Ta funkcja wyobraźni jest najczęściej identyfikowana jako przejaw twórczości.

W kontekście wyobraźni warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną konsekwencję zaproponowanego podziału funkcji między buforem wizualnym i systemami trwałej pamięci wizualnej. Podział taki sugeruje, że wyobrażeń wizualnych nie można traktować jako jednorodnej grupy zjawisk. Kosslyn (2005) definiuje wyobraźnię jako proces odpowiedzialny za doświadczanie „wewnętrzznego widzenia” bodźca wizualnego wtedy, gdy system receptorów zmysłowych nie rejestruje jego obecności. Jednocześnie nie rozstrzyga ani tego, czy i w jakim zakresie to doświadczenie jest uświadamiane (por. Crick, Koch 1995; 1998; 2003; Farah 1996; Lamme 2004), ani tego, jaki jest poziom wyrazistości wyobrażenia (por. Marks 1973; 1999; McKelvie 1995). Biorąc pod uwagę tylko te dwie cechy, tj. świadomość i wyrazistość wyobrażeń, należałoby odróżnić od siebie zjawiska psychiczne, które są generowane na poziomie bufora wizualnego (pola 17 i 18), od tych, które powstają w obszarach mózgu odpowiedzialnych za trwałą pamięć wizualną (m.in. system brzuszny), i od tych, które tworzą się w pamięci asocjacyjnej (zakręt kątowy i część pola 19) i w systemie przerzucania informacji (płaty czołowe). W jakimś sensie wszystkie one odnoszą się do wyobraźni, ale zdecydowanie warto byłoby przyjąć zasadę, która ujmowałaby ich specyfikę. Sądzę, że reprezentacje obiektów wizualnych na każdym z tych poziomów różnią się co najmniej ze względu na dwie podstawowe własności: rozpoznawalność i kontekstowość.

Introspekcyjnie rzecz biorąc, rozpoznanie obiektu wizualnego sprowadza się do poczucia jego znajomości lub, na jeszcze bardziej podstawowym poziomie, do ujęcia go jako sensownej, choć niekoniecznie nazwanej, pojedynczej figury oddzielonej konturem od tła. W odniesieniu do tego stanu psychicznego można także mówić o pewnym poziomie świadomości rozpoznawanego obiektu: co najmniej „wiem, że widzę lub wyobrażam sobie jakiś przedmiot”. Dane neuropsychologiczne, na które powołuje się Kosslyn (2005), wskazują na to, że najprawdopodobniej ten stan psychiczny jest związany z aktywnością w obszarach mózgu odpowiedzialnych za trwałą pamięć wizualną.

Kosslyn (2005) twierdzi, że chociaż rozpoznawanie spostrzeganego lub wyobrażanego obiektu nie jest funkcją bufora wizualnego, to jednak - zgodnie z jego koncepcją - wyobrażenia powstają właśnie w tym module. Jego zdaniem informacja zwrotna pochodząca z pól odpowiedzialnych za trwałe przechowywanie danych o własnościach obiektów wizualnych, przekazana do bufora wizualnego jest czynnikiem, który tłumaczy aktywność pierwszorzędowych

pól wzrokowych podczas wyobrażania sobie obiektu. Sądzę, że ich aktywność można wyjaśnić inaczej, wyraźnie rozróżniając funkcje, jakie pełni bufor wizualny podczas widzenia i podczas wyobrażania. Wprowadzenie tego rozróżnienia pozwala na oddzielenie od siebie wyobrażeń na poziomie bufora od tych, które powstają na poziomie pamięci trwałej.

Przypuśćmy, że metafora wytwarzania holograficznej hipotezy dotyczącej kształtu spostrzeganego obiektu na podstawie sygnałów z receptorów wzrokowych dobrze oddaje podstawową funkcję bufora wizualnego podczas widzenia. Weryfikując trafność wygenerowanej hipotezy system wzrokowy nie wymaga, aby testowany hologram był rozpoznawany. Ważne jest tylko, czy sekwencyjnie napływające dane receptorowe potwierdzają go czy nie potwierdzają, niezależnie od tego, czym lub kim jest spostrzegany obiekt. Określenie prawdopodobieństwa zgodności danych sensorycznych z hipotezą percepcyjną nie wymaga bowiem żadnego poziomu świadomości spostrzeganego przedmiotu. Co więcej, niewielki poziom potwierdzenia pierwotnej hipotezy percepcyjnej także nie jest przeszkodą w przekazaniu jej na wyższe piętra przetwarzania wzrokowego, czyli w stronę tych obszarów w mózgu, których zadaniem jest podjęcie próby rozpoznania na jej podstawie jakiegoś rzeczywistego przedmiotu, nawet jeśli to rozpoznanie nie będzie trafne. Zapis hologramu na płycie światłoczułej zachowuje swoją strukturę niezależnie od tego, czy jest oświetlony spójnym światłem, czy nie. Korzystając z tej metafory można powiedzieć, że ta sama postać hipotezy percepcyjnej sformułowanej na poziomie bufora wizualnego jest niczym zbiór nic nie znaczących prążków i pierścieni dyfrakcyjnych, zaś na poziomie trwałej pamięci wizualnej wyłania się świadomości jako rozpoznawalna postać obiektu wizualnego.

Istotnym elementem, który zostaje dodany na następnym etapie szlaku wzrokowego, czyli w pamięci asocjacyjnej, jest kontekst (najczęściej przestrzenny), w jakim pojawia się rozpoznany obiekt. Podsumowując można więc powiedzieć, że kolejne moduły modelu wyobraźni wytwarzają specyficzne dla siebie formy wyobrażeń. Do generowanych na początkowych etapach nie mamy świadomego dostępu, w odróżnieniu od postaci bardziej lub mniej kompletnie wyposażonych w cechy morfologiczne na poziomie trwałej pamięci wizualnej, które jednak są pozbawione naturalnego kontekstu, aż do form bogatych zarówno w szczegóły zjawiskowe, jak i informacje kontekstowe na poziomie pamięci asocjacyjnej.

Na zakończenie tej części artykułu wróćmy zatem jeszcze raz do pytania: dlaczego podczas procesu wyobrażeniowego w pierwotnej korze wzrokowej aktywizują się neurony wtedy, gdy nie dociera do nich żaden sygnał z receptorów wzrokowych? Żeby odpowiedzieć na to pytanie, należałoby najpierw odpowiedzieć na bardziej podstawowe, a mianowicie: w którym module na szlaku wzrokowym zostaje zainicjowany proces wyobrażeniowy? Zgodnie

z modelem przedstawionym na rycinie 1, procesy przetwarzania informacji na szlaku wzrokowym są inicjowane na wejściu do bufora wizualnego. Tak jak zostało to już wcześniej podkreślone (zob. pkt. 3.1), rozwiązanie to sugeruje, że mamy do czynienia raczej z modelem procesów odpowiedzialnych za widzenie niż wyobraźnię. W tym modelu wyobraźnia jawi się jako bliżej nieokreślony proces przeprowadzany na szlakach wzrokowych, który na życzenie zajmuje się generowaniem obrazków podobnych do tych, jakie oglądamy, kiedy mamy otwarte oczy.

3.6. Jaką rolę w powstawaniu wyobrażeń odgrywają płyty czołowe?

Z propozycji Kosslyna (2005) wynika, że wtedy, gdy pierwszorzędowe pola wzrokowe odwzorowują obrazy siatkówkowe oczu i informacja na ich temat jest przekazywana do kolejnych modułów pamięciowych, system przeliczania informacji czeka, aż w pamięci asocjacyjnej pojawią się pierwsze dane, do których może mieć dostęp. Dopiero wtedy rozpoczyna ich analizę i zwrotną dystrybucję informacji do systemów uwagowych oraz do modułu analizy własności obiektów. W sile tego sygnału Kosslyn dostrzega zasadniczy czynnik, który jest bezpośrednią przyczyną przekazania „w dół” informacji z trwałej pamięci wizualnej do bufora wizualnego i ukształtowania się wyobrażenia. Czyżby znaczyło to, że podczas wykonywania zadania wyobrażeniowego sygnał płynący z modułu przeliczania informacji do modułu analizy własności obiektów wizualnych jest jakoś specjalnie wzmocniony, w odróżnieniu od jego siły podczas percepcji? Czy generatorem mocy sygnału także jest system przeliczania informacji, czy też w modelu zabrakło miejsca na jeszcze jeden moduł, który rozstrzygałby o sile sygnału kierowanego w dół, czyli *de facto* o rodzaju uruchomionego procesu umysłowego? Brakuje w koncepcji Kosslyna wyjaśnień dotyczących mechanizmów powstawania tej szczególnej modyfikacji informacji zwrotnej podczas procesów wyobrażeniowych w stosunku do spostrzegania wzrokowego.

Sądzę, że Kosslyn nadmiernie skoncentrował się w swojej teorii wyobraźni na fakcie powstawania w pierwszorzędowej korze wzrokowej topograficznych map spostrzeganych obiektów oraz na wzmożonej aktywności neuronalnej w tym obszarze podczas wykonywania zadań wyobrażeniowych. W jego rozumowaniu brakuje, moim zdaniem, szerszej refleksji na temat powodów powstawania wyobrażeń, bo przecież nie można sprowadzić ich jedynie do stwierdzenia, że do pierwotnej kory wzrokowej nie dociera sygnał z siatkówek oczu. Jest to warunek konieczny, ale nie wystarczający do powstawania wyobrażeń. Innymi słowy, nie dlatego odróżniamy od siebie procesy wyobrażeniowe i percepcyjne, że podczas „wewnętrznego widzenia” obiektu lub sceny mamy „zamknięte oczy”, a podczas percepcji - nie. To jest dopiero

połowa prawdy o wyobraźni, silnie nacechowana myśleniem w kategoriach „dół-góra”. Wyobraźnia niewątpliwie korzysta ze szlaku wzrokowego i pamięci danych wizualnych, ale w moim przekonaniu przede wszystkim jest procesem przebiegającym po łączach eferentnych, poczynając od najwyższych pięter systemu percepcyjnego. A zatem konieczna jest głębsza refleksja nad rolą, jaką w inicjowaniu i podtrzymywaniu procesów wyobrazeniowych odgrywają procesy typu „góra-dół”.

Sugestię, zgodnie z którą procesy wyobrazeniowe przebiegają niejako „na wstecznym biegu” percepcji, można znaleźć m.in. w pracy Marthy Farah (1996) z University of Pennsylvania. Twierdzi ona, że istnieje wiele neurologicznych dowodów na to, iż aktywne podczas percepcji procesy „góra-dół” i „dół-góra” mogą również przebiegać niezależnie od siebie (por. Farah 1984; 1988). Oznacza to, że możliwe jest spostrzeganie wzrokowe pomimo poważnych dysfunkcji w zakresie wyobraźni i *vice versa*. Dostrzegając jednak ścisły związek między mechaniką spostrzegania wzrokowego i wyobraźnią wizualną, Farah (1986) wprowadza rozróżnienie na dwa typy wyobrażeń. Pierwszy rodzaj to tak zwane wyobrażenia latentne, będące niedostępnymi świadomości reprezentacjami obrazów wzrokowych. Są one zmagazynowane na trwałe w obu potylicznych obszarach mózgu. Ich uszkodzenie prowadzi do różnych postaci agnozji wzrokowych podczas spostrzegania wzrokowego, ale nie stanowi przeszkody w doświadczaniu „wewnętrznego widzenia”, czyli świadomej wyobraźni wizualnej. Zgodnie z przyjętą w niniejszym artykule terminologią, wyobrażeniom latentnym według Farah odpowiadałyby pierwotne kontury przedmiotów przechowywane w topograficznie zorganizowanych strukturach pierwotnej kory wzrokowej.

Drugi rodzaj wyobrażeń wyróżniony przez Farah (1996) to wyobrażenia generatywne, czyli dostępne świadomości reprezentacje obrazów wzrokowych, które mogą być aktywizowane niezależnie od procesów widzenia w pamięci krótkotrwałej (obszar lewej kory ciemieniowej). Uszkodzenie tego obszaru mózgu nieuchronnie prowadzi do dysfunkcji wyobraźni, ale nie upośledza procesu widzenia. Georg Goldenberg i Christa Artner (1991) dodają, że o ile latentny tryb wyobrazeniowy jest koniecznym warunkiem widzenia, o tyle generatywny tryb wyobrazeniowy może być włączony podczas spostrzegania, na przykład w warunkach słabego oświetlenia lub w sytuacjach niespodziewanych. W takich okolicznościach pełni on funkcję wspomagającą widzenie, ale bywa też źródłem silnych doznań emocjonalnych, z czego doskonale zdają sobie sprawę na przykład twórcy horrorów.

Kosslyn (2005) przypisuje płatom czołowym funkcję przerzucania informacji zaczerpniętej z pamięci asocjacyjnej. Sądzę, że to zdecydowanie za mało jak na tę najbardziej rozwiniętą u człowieka część mózgu. Wśród podstawowych funkcji płatów czołowych wymienia się planowanie, organizo-

wanie, inicjowanie, monitorowanie i hamowanie zachowania (przegląd zob. Stuss, Eskes, Foster 1994). W odniesieniu do procesów pamięciowych płaty czołowe pełnią funkcję pamięci operacyjnej przetwarzającej informacje dotyczące obiektów i przestrzeni, funkcję strategicznego wyciągania informacji z pamięci długotrwałej, funkcję metapamięci i pamięci informacji czasowych (Cabeza i in. 1997; Nyberg, Cabeza, Tulving 1996; Shimamura 1995). Ich uszkodzenie powoduje różne rodzaje upośledzenia pamięci (zob. Luria 1980; Schacter 1987). Krótko mówiąc, czołowe płaty mózgu synchronizują większość procesów poznawczych człowieka i są odpowiedzialne za ich uruchamianie, ukierunkowanie, podtrzymanie i zakończenie.

Strategiczne funkcje płatów czołowych kory mózgu człowieka czynią z nich raczej system generowania i kontroli szeroko rozumianego zachowania, a nie mechanizm testowania, czy hipoteza percepcyjna jest trafna, czy nie. Oczywiście w całym systemie zarządzania organizmem człowieka również i ta funkcja jest istotna, ale bardziej prawdopodobne wydaje się, że czołowa kontrola danych wizualnych nie polega na uzyskaniu odpowiedzi na pytanie: „Co to jest za obiekt?“, ale: „Czy aktualny obraz danego w hipotezie percepcyjnej obiektu mieści się w obszarze oczekiwań, ze względu na cel inicjacji procesu percepcyjnego lub wyobraźniowego?“.

4. W kierunku teorii wyobraźni

Spróbuję teraz zebrać wszystkie wnioski, jakie wynikają z przedstawionej krytycznej analizy teorii wyobraźni Stephena Kosslyna. Można sprowadzić je do kilku założeń, które uważam za podstawowe dla właściwego rozumienia, czym jest wyobraźnia, jaką rolę odgrywa w psychicznym funkcjonowaniu człowieka oraz na czym polega zasadnicza różnica między spostrzeganiem wzrokowym i wyobraźnią, a w jakim zakresie są one do siebie podobne.

1. **Spostrzeganie wzrokowe (widzenie) i wyobraźnia wizualna wyznaczają dwa kierunki przebiegu procesów percepcyjnych: oddolny i odgórny.** Spostrzeganie wzrokowe jest procesem inicjowanym oddolnie przez bodziec pobudzający receptory wzrokowe i w pierwszej fazie przebiega na szlaku percepcyjnym w trybie aferentnym. Z kolei wyobraźnia jest procesem inicjowanym odgórnie przez określoną potrzebę lub cel zachowania i w pierwszej fazie przebiega na szlaku percepcyjnym w trybie zwrotnym (drogi eferentne). Sformułowanie „w pierwszej fazie” oznacza kierunek procesu bezpośrednio po jego oddolnej lub odgórnej inicjacji.
2. **Kluczowym elementem, który integruje procesy odpowiedzialne za spostrzeganie wzrokowe i wyobraźnię, jest pierwotna hipoteza percepcyjna.** Jest ona formułowana na wczesnych etapach szlaku wzrokowego,

najprawdopodobniej w drugorzędowej korze wzrokowej (pole 18) na podstawie danych z topograficznie zorganizowanej kory V1 (pole 17). Pierwotna (szkicowa) hipoteza percepcyjna definiuje kontur (kształt) spostrzeganego/wyobrażanego przedmiotu lub sceny zgodnie z zasadą podziału pola percepcyjnego na figurę i tło. Podczas widzenia hipoteza jest generowana na podstawie danych dostarczonych z receptorów wzrokowych (mapy retinotopowe odzwierciedlające zawartości pobudzenia siatkówek oczu w kolejnych punktach fiksacji), natomiast podczas wyobrażania jej forma jest sugerowana przez dane zawarte w tak zwanej instrukcji wyobrażeniowej (zob. niżej pkt. 7). Weryfikacja pierwotnej hipotezy percepcyjnej jest podstawowym zadaniem systemu percepcyjnego, zarówno podczas widzenia, jak i wizualizacji. W obu przypadkach podstawowym kryterium weryfikacji hipotezy percepcyjnej jest jej zgodność z celami lub potrzebami, które są aktualnie realizowane przez system poznawczy. Rejestrowana w eksperymentach aktywność w polach 17 i 18 podczas wykonywania przez osoby badane zadań wyobrażeniowych jest przejawem procesu formowania się pierwotnej hipotezy percepcyjnej wizualizowanego obiektu, która stanowi materiał do przetwarzania na szlaku percepcyjnym. Aferentne i eferentne połączenia między polami V1 i V2 sprzyjają wymianie tych sygnałów w obie strony.

- 3. Zakres zarówno oddolnych, jak i odgórnych danych, które inicjują sformułowanie pierwotnej hipotezy percepcyjnej, najczęściej jest znacznie uboższy w stosunku do kształtu całego spostrzeganego lub wyobrażanego obiektu, dostępne w doznaniu introspekcyjnym.** W rezultacie hipoteza percepcyjna jest formułowana na podstawie trwale przechowywanych w pamięci wizualnej kształtów spostrzeganych przedmiotów. Trafną analogią procesu generowania pierwotnej hipotezy percepcyjnej jest odtwarzanie hologramu na podstawie cząstkowych danych zapisanych na kliszy fotograficznej. Im mniej danych, które stanowią podstawę do odtworzenia hologramu, czyli sformułowania pierwotnej hipotezy percepcyjnej, tym mniejsza jest dokładność (rozdzielczość) wygenerowanego przedmiotu wizualnego. Proces generowania hipotezy percepcyjnej jest przeprowadzany za pomocą odrębnego mechanizmu mózgowego (emulatora). Jego zadaniem jest dobranie z pamięci (szkicownika) najbardziej prawdopodobnego kształtu, którego częścią są dane inicjujące proces widzenia lub wizualizacji oraz przeprowadzanie weryfikacji trafności tego doboru. W zreinterpretowanym modelu Kosslyna (2005) część bufora wizualnego pełni funkcję emulatora pierwotnej hipotezy percepcyjnej, natomiast weryfikacja jej trafności ze względu na oddolne (zgodność z rzeczą) i/lub odgórne (zgodność z oczekiwaniem) dane docierające do bufora wizualnego jest funkcją okna uwagi.

- 4. Zadaniem kolejnych modułów na szlaku wzrokowym, między pierwszorzędowną korą wzrokową a korą czołową mózgu, jest dopełnienie pierwotnej hipotezy percepcyjnej o dane dotyczące morfologii, ruchu, lokalizacji i kontekstu przestrzennego spostrzeganego/wyobrażanego obiektu.** W modelu Kosslyna (2005) wymienione funkcje pełnione są przez pamięć asocjacyjną oraz moduły przetwarzania własności i lokalizacji obiektu, które mają określoną lokalizację mózgową. Finałny wytwór procesu przetwarzania informacji wizualnej, zarówno podczas widzenia obiektu, jak i jego wyobrażenia, jest przedmiotem analizy przeprowadzonej w korze czołowej (system przetrzucania informacji).
- 5. Czołowa kora mózgu jest systemem odpowiedzialnym za synchronizację i kontrolę przebiegu procesów poznawczych człowieka, które realizują jego aktualne potrzeby motoryczne i/lub komunikacyjne.** Finalna postać pierwotnej hipotezy percepcyjnej jest przedmiotem czołowej analizy nie ze względu na jej zgodność z rzeczywistością ale ze względu na to, w jakim zakresie zgadza się z aktualnym zapotrzebowaniem systemu poznawczego na oczekiwaną informację wizualną. Ta własność kory czołowej jest m.in. źródłem błędnych nastawień podczas widzenia, a także czynnikiem stymulującym system percepcyjny do swobodnego formowania hipotez percepcyjnych podczas wizualizacji. Tym samym nie można traktować jednego z najwyższych pięt w hierarchii przetwarzania danych sensorycznych tylko jako modułu służącego do zwrotnego przetrzucania informacji czerpanych z pamięci asocjacyjnej do struktur położonych na wcześniejszych etapach szlaku wzrokowego. Moduł ten pełni zasadnicze funkcje koordynujące całe zachowanie człowieka i tylko w takim kontekście można zrozumieć funkcję dowolnego procesu poznawczego, w tym również wyobraźni. Warto w tym miejscu podkreślić, że czołowe struktury mózgu są odpowiedzialne nie tylko za globalną kontrolę realizacji określonych potrzeb i celów organizmu, ale także za wytwarzanie konkretnych oczekiwań dotyczących pierwotnej hipotezy percepcyjnej. Bynajmniej nie oznacza to jednak, że hipoteza percepcyjna wytworzona na przykład w akcie wyobrażeniowym „na zamówienie” wyższych struktur umysłowych nie może być odrzucona. Wszystko zależy od tego, jak precyzyjnie są sformułowane oczekiwania, jaka jest aktualna zawartość magazynu konturów wizualnych i dostępność do jego zasobów, a także, w jaki sposób przebiega proces morfologizacji i kontekstualizacji pierwotnego kształtu na kolejnych etapach szlaku wzrokowego.
- 6. Procesy wyobrażeniowe są integralną częścią cyklu percepcyjnego, natomiast introspekcyjne doświadczenie „wewnętrznego widzenia” (rozumiane jako wyobraźnia wizualna) jest wynikiem dominującego wpływu procesów odgórnych na formowanie się pierwotnej hipotezy**

percepcyjnej w emulatorze. Definicja wyobraźni, rozumianej jako doświadczanie poczucia „wewnętrznego widzenia” bodźca wizualnego wtedy, gdy system receptorów zmysłowych nie rejestruje jego obecności (zob. Kosslyn 2005), stanowi niepełny opis tego zjawiska, ponieważ nie zawiera żadnej informacji dotyczącej źródła tego doświadczenia. Dopiero wyhamowanie (inhibicja) oddolnej stymulacji kory wzrokowej, w połączeniu z odpowiednio silną odgórną potrzebą wizualizacji (motywacja wyobrazeniowa) powoduje doznanie „wewnętrznego widzenia”, które w istocie jest przedstawieniem pierwotnej hipotezy percepcyjnej wytworzonej w emulatorze, a następnie przetworzonej na kolejnych etapach szlaku wzrokowego. Innymi słowy, wyobrażenie, tak jak je introspekcyjnie doświadczamy, jest przedstawieniem hipotezy percepcyjnej w sytuacji, gdy wyhamowana jest oddolna stymulacja szlaku wzrokowego, a jednocześnie system poznawczy jest odpowiednio silnie nastawiony (zmotywowany) do wykonania zadania wyobrazeniowego. Wiele wskazuje na to, że zarówno jedną, jak i drugą funkcję reguluje aktywność kory czołowej (por. Fuster 1989; Stuss, Gallup, Alexander 2001).

7. **Stymulatorem procesu wyobrazeniowego jest instrukcja wyobrazeniowa.** Instrukcje wyobrazeniowe, które odgórnie inicjują wyobrażnię, można podzielić na jawne i niejawne.
 - a) Jawne instrukcje wyobrazeniowe są najczęściej formułowane za pomocą języka, w postaci zdań rozpoczynających się od zwrotu „wyobraź sobie...” lub za pomocą sekwencji zdań sugerujących wizualizację (na przykład podczas terapii). Źródło jawnej instrukcji wyobrazeniowej może znajdować się poza podmiotem (jak chociażby podczas psychologicznych badań nad wyobrażnią, w psychoterapii lub narracji) albo wewnątrz podmiotu (na przykład jako stymulator działań artystycznych, potrzeby wizualizacji projektu obiektu dwu- lub trójwymiarowego, marzenia lub fantazjowania).
 - b) Niejawne instrukcje wyobrazeniowe stanowią mniej jednorodną grupę stymulatorów wyobraźni. Nie są one formułowane za pomocą języka, choć mogą być zawarte w tekście *implicite* (jak chociażby w poezji, metaforze, nietypowym porównaniu lub nieoczekiwanym zwrocie). Wyobrażenia wizualne mogą być wywołane za pomocą wyrażen językowych pod warunkiem, że mają one konkretną, zmysłową reprezentację wizualną. Niejawne instrukcje wyobrazeniowe mogą również być formułowane w odniesieniu do procesów sensorycznych (na przykład podczas widzenia lub słyszenia bodźca niejednoznacznego albo w kontakcie ze sztuką nieprzedstawiającą). Ich funkcja sprowadza się wówczas do nastawienia systemu percepcyjnego na uspołnienię interpretacji.

- c) Niezależnie od tego, czy instrukcja wyobrazeniowa jest sformułowana *explicite* czy *implicite*, oraz czy jej źródło tkwi na zewnątrz czy wewnątrz podmiotu, wyrazistość wyobrażenia wzrokowego, zwłaszcza w początkowej fazie wizualizacji, jest związana z poziomem dokładności jej sformułowania.

Zakończenie

Celem niniejszego artykułu była prezentacja, krytyczna analiza i reinterpretacja niektórych założeń teorii wyobraźni Stephena Kosslyna, przeprowadzona na podstawie jej wersji opublikowanej w roku 2005. Kosslyn pracował nad teorią wyobraźni przez ponad 30 lat i obecnie bez cienia przesady można uznać, że jest to najbardziej dojrzała teoretycznie i uzasadniona empirycznie koncepcja wyobraźni wypracowana na gruncie psychologii. Jej siła, ale zarazem paradoksalnie pewna słabość, opiera się na wynikach licznych badań neuropsychologicznych, które dla Kosslyna stanowią najważniejsze źródło argumentacji w dyskusji z jej krytykami.

Niewątpliwie techniki stosowane na gruncie neuronauki pozwoliły na odkrycie nieznanych dotąd szlaków percepcyjnych, po których płynie sygnał nerwowy wytworzony na wyjściach z sensorów wzrokowych. Wyniki badań mózgu aktywnego podczas wykonywania przez osoby badane zadań wymagających zaangażowania różnych procesów poznawczych rzuciły także zupełnie nowe światło na rolę, jaką w spostrzeganiu wzrokowym odgrywa wyobraźnia. Z drugiej jednak strony, pomimo zasypywania czasopism naukowych artykułami, w których referuje się wyniki neuropsychologicznych badań dotyczących wyobraźni, wciąż jeszcze brakuje spójnej dla nich platformy interpretacyjnej. Różni badacze w odmienny sposób interpretują wyniki tych samych eksperymentów, zaś ignorują lub pomniejszają wartość tych, które nie mieszczą się w ramach opracowanej przez nich teorii wyjaśniającej analizowane zjawisko. Fascynacja zaskakującymi, a czasem wręcz nieprawdopodobnymi wynikami badań sprawia z kolei, że niektórzy badacze nadmiernie koncentrują się na rozwijaniu jakiejś szczegółowej idei, na dalszy plan odsuwając próbę włączenia jej w szeroką perspektywę teoretyczną. Sądzę, że Stephen Kosslyn w pewnym sensie uległ również tej tendencji, niezależnie od opracowanego przez niego względnie klarownego modelu procesów percepcyjnych i wyobrażeniowych.

Uważny przegląd tekstów Kosslyna, opublikowanych od początku lat dziewięćdziesiątych, ujawnia, jak wielką wagę przyłożył on do odkrycia aktywności neuronalnej w topograficznie zorganizowanych polach pierwszorzędowych podczas wykonywania przez osoby badane zadań wymagających

angażowania wyobraźni. W perspektywie minionych lat można nawet przyjąć, że właśnie wokół tego odkrycia zbudował teorię wyobraźni przedstawioną w niniejszym artykule. Bez wątpienia jest ono zdumiewające, m.in. dlatego, że ujawnia znacznie ściślejszy związek między spostrzeganiem wzrokowym i wyobraźnią niż dotąd przypuszczaliśmy.

Z drugiej jednak strony Kosslyn przyjąwszy jedną perspektywę interpretacyjną uznał, że w procesie wizualizacji mózg musi wytworzyć retinotopową mapę neuronalną jako wynik silnej, zwrotnej projekcji płynącej do pierwszorzędowej kory wzrokowej z ośrodków analizy własności obiektów wizualnych. Pomniejszył tym samym znaczenie innego zwrotnego połączenia biegnącego bezpośrednio od płatów czołowych do kory wzrokowej, przypisując mu funkcję sterowania uwagą na mapie topograficznej w polu 17. W moim przekonaniu właśnie to połączenie oraz połączenia między polami 17 i 18 mają kluczowe znaczenie dla formułowania pierwotnej hipotezy percepcyjnej, a nie dla testowania hipotezy wygenerowanej na poziomie kory czołowej.

Przeprowadzając krytyczną analizę teorii wyobraźni Kosslyna starałem się zachować wszystkie wyróżnione przez niego moduły szlaku percepcyjnego. Badając konsekwencje wynikające z ich połączeń, a przede wszystkim z realizowanych przez nie funkcji, starałem się zrozumieć mechanikę procesu wyobrażeniowego. Sądzę, że w interpretacji zaproponowanej przez jej autora pojawia się zbyt wiele luk i niekonsekwencji. Nie przekreśla to bynajmniej wartości samego modelu. Dla mnie stało się to jednak wyzwaniem do podjęcia próby takiej jego reinterpretacji, aby korzystając z niego można było zrozumieć, w jaki sposób jest inicjowany i jak przebiega proces wyobrażeniowy oraz jakie łączy go związki ze spostrzeganiem wzrokowym. Sądzę, że propozycja zasygnalizowana w ostatnim rozdziale niniejszego artykułu spełnia te kryteria.

Wśród różnych modyfikacji interpretacyjnych przyjętych przeze mnie w ramach teorii Kosslyna zwróciłem także uwagę na dwie koncepcje, które, jak sądzą, mogą otworzyć nowe perspektywy teoretyczne w badaniach nad wyobraźnią. Mam tutaj na myśli teorię emulacji reprezentacji Ricka Grusha i nieco starszą teorię pamięci holograficznej Karla Pribrama. Obie te teorie mają mocne podstawy neuropsychologiczne, a ich związek z teoretycznymi rozważaniami Stephena Kosslyna wydaje się niemal oczywisty.

Kończąc chciałbym podkreślić, że przedstawiona przeze mnie propozycja reinterpretacji niektórych założeń teorii wyobraźni Kosslyna ma charakter wstępnego opracowania i z całą pewnością domaga się weryfikacji. Generuje ona bowiem nowe hipotezy, dotyczące m.in. funkcji motywacji i potrzeb podmiotu rozumianych jako stymulatory procesu wyobrażeniowego, wpływu różnych form instrukcji wyobrażeniowych na efekty wizualizacji oraz formowania się pierwotnej hipotezy percepcyjnej odnoszącej się do kształtu wyobra-

żanych i spostrzeganych obiektów na podstawie niekompletnych danych oddolnych i odgórných. Niektóre z tych zagadnień podejmujemy wspólnie z Dobrosławem Bagińskim we wstępnych badaniach, których wyniki referujemy w pierwszym i drugim rozdziale niniejszego tomu.

Bibliografia

- Anstis S. (1998). Picturing peripheral acuity. *Perception*, 27, 817-825.
- Brandt S.A., Stark L.W. (1997). Spontaneous eye movements during visual imagery reflect the content of the visual scene. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 27-38.
- Brefczynski J.A., DeYoe E.A. (1999). A physiological correlate of the „spotlight" of visual attention. *Nature Neuroscience*, 2, 370-374.
- Cabeza R., Mangels J., Nyberg L., Habib R., Houle S., Mcintosh A.R., Tulving E. (1997). Brain regions differentially involved in remembering what and when: a PET study. *Neuron*, 19, 863-870.
- Campbell D. (1974). 'Downward causation' in hierarchically organised biological systems, w: F.J. Ayala, T. Dobzhansky (red.), *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems* (179-186). London, Basingstoke: Macmillan.
- Chariot V., Tzourio N., Zilbovicius M., Mazoyer B., Denis M. (1992). Different mental imagery abilities result in different regional cerebral blood flow activation patterns during cognitive tests. *Neuropsychologia*, 30, 565-580.
- Choe Y. (2002). Second order isomorphism: A reinterpretation and its implications in brain and cognitive sciences, w: W.D. Gray, C.D. Schunn (red.), *Proceedings of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (190-195). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cooper L.A., Shepard R.N. (1973). The time required to prepare for a rotated stimulus. *Memory and Cognition*, 1, 246-250.
- Crick R., Koch C. (1995). Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375, 121-123.
- Crick F., Koch C. (1998). Consciousness and neuroscience. *Cerebral Cortex*, 8, 97-107.
- Crick F., Koch C. (2003). A framework for consciousness. *Nature: Neuroscience*, 6, 119-126.
- Duhamel J.-R., Colby C, Goldberg M.E. (1992). The updating of the representation of visual space in parietal cortex by intended eye movements. *Science*, 255, 90-92.
- Farah M.J. (1984). The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.
- Farah M.J. (1986). The laterality of mental image generation: A test with normal subjects. *Neuropsychologia*, 24, 541-551.
- Farah M.J. (1988). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review*, 95, 307-317.
- Farah M.J. (1996). The neural bases of mental imagery, w: M. Gazzaniga (red.), *The Cognitive Neurosciences* (963-975). Cambridge, MA: MIT Press.
- Fix J.D. (1997). *Neuroanatomia*. Wrocław: Urban & Partner.

- Fox P.T., Mintun M.A., Raichle M.E., Miezen F.M., Allman J.M., Van Essen D.C. (1986). Mapping human visual cortex with positron emission tomography. *Nature*, 323, 806-809.
- Francuz P. (1990). The role of qualitative and quantitative dimensions in the categorization of objects. *Polish Psychological Bulletin*, 3, 213-225.
- Francuz P. (1990). The role of qualitative and quantitative dimensions in the categorization of objects. *Polish Psychological Bulletin*, 3, 213-225.
- Fuster J.M. (1989). *The Prefrontal Cortex*. New York: Raven.
- Goldenberg G., Artner C. (1991). Visual imagery and knowledge about visual appearance in patients with posterior cerebral artery lesions. *Brain and Cognition*, 15, 160-186.
- Goldenberg G., Mullbacher W., Nowak A. (1995). Imagery without perception: A case study of anosognosia for cortical blindness. *Neuropsychologia*, 33, 1373-1382.
- Grush R. (2004). The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception. *Behavioral and Brain Sciences*, 27, 377-442.
- Heeger D.J. (1999). Linking visual perception with human brain activity. *Current Opinion in Neurobiology*, 9, 414-479.
- Humphreys G.W., Riddoch M.J. (1987). *To See But Not to See: A Case Study of Visual Agnosia*. London: Erlbaum.
- Intons-Peterson M.J., Roskos-Ewoldsen B.B. (1989). Sensory-perceptual qualities of images. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 75, 188-199.
- Jaśkowski P. (w druku). *Proste i odwrócone przymowanie reakcji ruchowej*.
- Klawiter A. (2004). Powab i moc wyjaśniająca kognitywistyki. *Nauka*, 3, 101-120.
- Kosslyn S.M. (1973). Scanning visual images: some structural implications. *Perception and Psychophysics*, 14, 90-94.
- Kosslyn S.M. (1980). *Image and Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kosslyn S.M. (1983). *Ghosts in the Mind's Machine. Creating and Using Images in the Brain*. New York: Norton.
- Kosslyn S.M. (1994). *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kosslyn S.M. (2003). What shape are a German Shepherd's ears?, w: J. Brockman (red.), *The New Humanists: Science at the Edge* (125-143). New York: Barnes & Noble Books.
- Kosslyn S.M. (2005). Mental images and the brain. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 333-347.
- Kosslyn S.M., Alpert N.M., Thompson W.L., Chabris C.F., Rauch S.L., Anderson A.K. (1994). Identifying objects seen from different viewpoints: A PET investigation. *Brain*, 117, 1055-1071.
- Kosslyn S.M., Alpert N.M., Thompson W.L., Maljkovic V, Weise S.B., Chabris C.F., Hamilton S.E., Buonano F.S. (1993). Visual mental imagery activates topographically organized visual cortex: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 263-287.
- Kosslyn S.M., Cave C.B., Provost, D., Von Gierke S. (1988). Sequential processes in image generation. *Cognitive Psychology*, 20, 319-343.

- Kosslyn S.M., Ganis G., Thompson W.L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 635-642.
- Kosslyn S.M., Ochsner K. (1994). In search of occipital activation during visual mental imagery. *Trends in Neurosciences*, 17, 290-292.
- Kosslyn S.M., Pinker S., Smith G.E., Shwartz S.P. (1979). On the demystification of mental imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 2, 535-548.
- Kosslyn S.M., Thompson W.L., Ganis G. (2002). Mental imagery doesn't work like that. *Behavioral and Brain Sciences*, 25, 198-200.
- Kosslyn S.M., Thompson W.L., Alpert N.M. (1995a). Identifying objects at different levels of hierarchy: A positron emission tomography study. *Human Brain Mapping*, 3, 107-132.
- Kosslyn S.M., Thompson W.L. (2003). When is early visual cortex activated during visual mental imagery? *Psychological Bulletin*, 129, 723-746.
- Kosslyn S.M., Thompson W.L., Kim I.J., Alpert N.M. (1995b). Topographical representations of mental images in primary visual cortex. *Nature*, 378, 496-498.
- Króliczak G. (1999). Dwa mózgi wzrokowe: percepcja a wzrokowa kontrola działania. *Kognitywistyka i Media w Edukacji*, 2, 199-224.
- Króliczak G. (www). Czy iluzje zwodzą jedynie „oko”, ale już nie rękę? <http://www.kognitywistyka.net>.
- Kroliczak G, Heard P., Goodale M.A., Gregory R.L. (2006). Dissociation of perception and action unmasked by the hollow-face illusion. *Brain Research*, 1080, 9-16.
- Lamme V.A.F. (2004). Separate neural definitions of visual consciousness and visual attention; a case for phenomenal awareness. *Neural Networks*, 17, 861-872.
- Longstaff A. (2002). *Neurobiologia* (przeł. G. Hess i in.). Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Luria A.R. (1980). *Higher Cortical Functions in Man*. New York: Basic Books.
- Marks D F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64(1), 17-24.
- Marks D.F. (1999). Consciousness, mental imagery, and action. *British Journal of Psychology*, 90, 567-585.
- Marr D. (1982). *Vision*. New York: W.H. Freeman.
- McAuliffe S.P, Knowlton B.J. (2000). Long-term retinotopic priming in object identification. *Perception and Psychophysics*, 62, 953-959.
- McKelvie S.J. (1995). *Vividness of Visual Imagery: Measurement, Nature, Function and Dynamics*. New York: Brandon House.
- Mellet E., Tzourio N., Denis M., Mazoyer B. (1995). A positron emission tomography study of visual and mental spatial exploration. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 433-445.
- Milner A.D., Goodale M.A. (1995). *The Visual Brain in Action*. London, Oxford: Oxford University Press.
- Milner A.D., Goodale M.A. (2004). *Sight Unseen: An Exploration of Conscious and Unconscious Vision*. Oxford: Oxford University Press.
- Młodkowski J. (1998). *Aktywność wizualna człowieka*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Neisser U. (1967). *Cognitive Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Neisser U. (1970). Visual imagery as process and as experience., w: J.S. Antrobus (red.), *Cognition and Affect (159-178)*. Boston, MA: Little, Brown & Co.
- Nyberg L., Cabeza R., Tulving E. (1996). PET studies of encoding and retrieval: The HERA model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 134-148.
- Paivio A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- Paivio A. (1991). *Images in Mind: The Evolution of a Theory*. New York: Harvester Wheatsheaf
- Poppel E. (1989). *Granice świadomości. O rzeczywistości i doznawaniu świata* (przekł. A.D. Tauszyńska). Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
- Pribram K.H. (1991). *Brain and Perception: Holonomy and Structure in Figural Processing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pylyshyn Z.W. (2002). Mental imagery: In search of a theory. *Behavioral and Brain Sciences*, 25, 157-238.
- Pylyshyn Z.W. (2003). Return of the mental image: are there really pictures in the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 113-118.
- Pylyshyn Z.W. (1973). What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- Pylyshyn Z.W. (1981) The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88, 16-45.
- Pylyshyn Z.W. (1994) Mental pictures on the brain: Review of 'Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate' by Stephen Kosslyn. *Nature*, 372, 289-290.
- Qiu F.T., Heydt R. von der (2005). Figure and ground in the visual cortex: V2 combines stereoscopic cues with gestalt rules. *Neuron*, 47, 155-66.
- Roland P.E., Gulyas B. (1994). Visual imagery and visual representation. *Trends in Neurosciences*, 17, 281-296
- Rosch E., Mervis C.B., Gray W.D., Johnson D.M., Boyes-Braem P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Sadoski M., Paivio A. (2001). *Imageiy and Text: A Dual Coding Theoiy of Reading and Writing*. Mahwah, NJ: Erlbaum Associates.
- Schacter D.L. (1987). Memory, amnesia, and frontal lobe dysfunction. *Psychobiology*, 15,21-36.
- Searle J. (1999). *Umysłna nowo odkryty*. Warszawa: Panstwowy Instytut Wydawniczy.
- Shepard R.N., Chipman S. (1970). Second-order isomorphism of internal representations: Shapes of states. *Cognitive Psychology*, 1, 1-17.
- Shepard R.N., Feng CA. (1972). A chronometric study of mental paper folding. *Cognitive Psychology*, 3, 228-243.
- Shepard R.N., Metzler J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 777,701-703.
- Shimamura A.P. (1995). Memory and frontal lobe function, w: M.S. Gazzaniga (red.), *The Cognitive Neurosciences* (803-813). Cambridge, MA: MIT Press.
- Stuss D.T., Gallup G., Alexander M.P. (2001). The frontal lobes are necessary for theory of mind. *Brain*, 124, 279-286.

- Stuss D.T., Eskes G.A., Foster J.K. (1994). Experimental neuropsychological studies of frontal lobe functions, w: F. Boiler, J. Grafman (red.), *Handbook of Neuropsychology* (149-185). Amsterdam: Elsevier.
- Tootell R.B.H., Switkes E., Silverman M.S., Hamilton S.L. (1988). Functional anatomy of macaque striate cortex. II. Retinotopic organization. *The Journal of Neurosciences*, 8, 1531-1568.
- Ungerleider L.G., Mishkin M. (1982). Two cortical visual systems, w: D.J. Ingle, M.A. Goodale, R.J.W. Mansfield (red.), *Analysis of Visual Behavior* (549-580). Cambridge, MA: MIT Press.