

 **Idź do**

**Przykładowy
rozdział**

Spis treści

 **Katalog książek**

Nowości

Bestsellery

**Zamów drukowany
katalog**

 **Twój koszyk**

Dodaj do koszyka

 **Cennik i informacje**

Zamów cennik

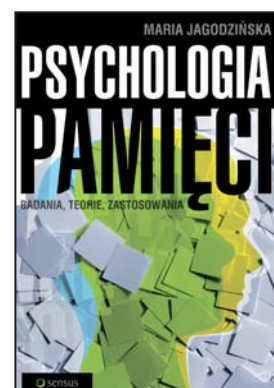
**Zamów informacje
o nowościach**

 **sensus**

Wydawnictwo Helion SA
44-100 Gliwice
tel. 032 230 98 63
e-mail: sensus@sensus.pl

Psychologia pamięci. Badania, teorie, zastosowania

Autor: Maria Jagodzińska
ISBN: 978-83-246-1134-8
Format: A5, stron: 624



Podróż w głąb ludzkiej pamięci

- Podstawy teoretyczne
- Podłoże neurobiologiczne
- Odkrywane tajemnice umysłu

Pamięć jest jedną z najbardziej fascynujących funkcji naszego mózgu. Wydaje nam się zupełnie naturalne, że budząc się rano, rozpoznajemy pokój i twarze bliskich, a także potrafimy wykorzystać zdobytą wcześniej wiedzę w codziennych sytuacjach. Przecież zadaniem pamięci jest właśnie gromadzenie wiedzy o świecie i umiejętności nabywanych w ciągu życia. To właśnie dzięki niej udaje nam się zrozumieć zachowania ludzi i zanalizować okoliczności, w jakich się znajdujemy. To ona pozwala nam oceniać obserwowane zdarzenia i odbierane wiadomości.

Książka „Psychologia pamięci” jest podręcznikiem akademickim, a zarazem prawdziwą encyklopedią wiedzy na temat pamięci. Autorka rozpoczyna wykład od przybliżenia teorii, odwołując się do pionierów badań w tym zakresie – Hermanna Ebbinghausa czy Frederica Bartletta. Osobny rozdział poświęca neurobiologicznemu podłożu, a także organizacji pamięci, jej systemom i procesom. Zabiera nas też w fascynującą podróż w głąb ludzkiego mózgu: opisuje rozwój pamięci od najmłodszych lat aż do wieku dojrzałego. Przybliża specyfikę pamięci autobiograficznej oraz charakteryzuje różnego typu zaburzenia, w tym różne rodzaje amnezji i chorobę Alzheimera.

Ponadto podręcznik opisuje:

- systemy pamięci krótkotrwałej i długotrwałej,
- procesy kodowania informacji oraz strategie zapamiętywania,
- pamięć jawną i utajoną – przejawy, obserwacje, metody badania,
- zapominanie – teorie i czynniki wpływające na trwałość przechowywania danych,
- procesy wydobywania z pamięci potrzebnych informacji,
- starzenie się pamięci i zmiany neurologiczne w mózgu.

Spis treści

Przedmowa	13
Część I Badania nad pamięcią	17
Rozdział 1. Pamięć jako przedmiot badań	19
Przejawy pamięci	19
Pojęcie pamięci	20
Pamięć czy uczenie się?	22
Podstawowe rozróżnienia	24
Główne problemy	25
Podsumowanie	26
Literatura uzupełniająca	27
<i>Zbliżenie. Metafory opisujące pamięć</i>	27
Rozdział 2. Historia badań	31
Przednaukowe zainteresowania pamięcią	31
Pionierzy badań nad pamięcią	35
Główne podejścia teoretyczne	40
Wprowadzenie	40
Asocjacyonizm klasyczny	40
Behawioryzm	42
Badania nad uczeniem się werbalnym	44
Współczesne wersje asocjacyonizmu	45
Źródła rewolucji poznawczej	45
Charakterystyka podejścia poznawczego	47
Badania nad pamięcią w warunkach naturalnych — podejście ekologiczne	48
Neuropsychologiczne i neuropoznawcze badania nad pamięcią	50
Podsumowanie	51
Literatura uzupełniająca	53

Rozdział 3. Metody badań	55
Podstawowy plan eksperymentu w badaniach pamięci	55
Pomiary pamięci	56
Rodzaje zadań służących do pomiaru pamięci	56
Testy reprodukcji	57
Testy rozpoznawania	60
Testy pośrednie	62
Testy pamięci prospektywnej	63
Metoda chronometryczna	64
Zmienne niezależne w badaniach pamięci	64
Zmienne na etapie kodowania	64
Zmienne na etapie przechowywania	67
Zmienne na etapie wydobywania	67
Zmienne związane z badaną populacją	68
Podsumowanie	69
Literatura uzupełniająca	70
 Część II Natura ludzkiej pamięci	
— systemy i procesy	71
 Rozdział 4. Neurobiologiczne podłoże pamięci	73
Pytania dotyczące relacji między pamięcią a mózgiem	73
Problem mózgowej lokalizacji pamięci	75
Poszukiwania engramu	75
Czy pamięć ma ścisłą lokalizację w mózgu?	75
Współczesne ujęcie problemu	76
Podstawowe dane o strukturach anatomicznych mózgu	78
Półkule mózgowe	78
Kora mózgowa	79
Układ limbiczny i formacja hipokampa	82
Zwoje podstawy, pień mózgu i mózdzek	83
Struktury zaangażowane w procesy pamięci	86
Metody badania relacji między pamięcią	
a strukturami mózgu	87
Lezje i sekcje mózgu	87
Przegląd technik obrazowania mózgu	88
Obrazowanie elektrofizjologiczne	89
Pozytronowa tomografia emisyjna	92
Czynnościowy rezonans magnetyczny	94
Problemy interpretacyjne	95
Neurony i procesy przewodzenia informacji	
w układzie nerwowym	96
Budowa neuronu	97
Synapsy	98
Przewodzenie informacji i komunikacja między neuronami	100

Neuroprzekazniki	101
Receptory synaptyczne	103
Badania nad komórkowymi i molekularnymi	
mechanizmami pamięci	105
Koncepcja Hebba	105
Plastyczność układu nerwowego jako podłoże pamięci	105
Mechanizmy plastyczności synaptycznej — LTP i LTD	106
Zmiany strukturalne w synapsach	108
Rola genów	110
Podsumowanie	111
Literatura uzupełniająca	114
Rozdział 5. Organizacja pamięci — systemy i procesy	115
Podstawy organizacji pamięci	115
Jedna pamięć czy kilka?	116
Tradycyjne rozróżnienia	116
Wielomagazynowe modele pamięci	116
Argumenty za wielomagazynowymi modelami pamięci	
i przeciw nim	120
Procesy przetwarzania informacji a pamięć	124
Koncepcja poziomów przetwarzania	124
Krytyka i rozwój koncepcji poziomów przetwarzania	128
Podejście procesualne w wyjaśnianiu funkcjonowania pamięci ...	129
Ile jest systemów pamięci?	130
Główne podziały	130
Kryteria wyróżniania systemów pamięci	132
Dane o mózgowej organizacji pamięci	134
Typologia L.R. Squire'a	138
Pięć głównych systemów pamięci ludzkiej	
według Schacter'a i Tulvinga	139
Podsumowanie	141
Literatura uzupełniająca	143
<i>Zbliżenie 1. Relacje pomiędzy systemami pamięci</i>	
— <i>model SPI</i>	143
<i>Zbliżenie 2. Wyodrębnianie się systemów pamięci</i>	
<i>w 1. roku życia człowieka</i>	145
Rozdział 6. Systemy pamięci krótkotrwałej	149
Krótkotrwałe pamiętanie informacji	149
Pamięć sensoryczna	150
Pamięć ikoniczna	150
Pamięć echoiczna	155
Jak funkcjonuje pamięć sensoryczna?	159

Charakterystyka pamięci krótkotrwałej	160
Pojemność	160
Zapominanie	162
Wydobywanie informacji	163
Kody pamięci krótkotrwałej	166
Pamięć operacyjna	170
Pamięć a bieżąca aktywność poznawcza	170
Badania metodą podwójnego zadania	172
Model pamięci operacyjnej Baddeleya	173
Pętla fonologiczna	175
Notes wizualno-przestrzenny	179
Centralny system wykonawczy	181
Bufor epizodyczny	182
Inne modele pamięci operacyjnej	182
Problemy teoretyczne i kierunki badań	184
Podsumowanie	186
Literatura uzupełniająca	188
<i>Zbliżenie. Różnice indywidualne w pamięci operacyjnej</i> <i>a inteligencja płynna</i>	188
<i>Zastosowanie. Jak powiększyć zakres pamięci krótkotrwałej?</i> <i>Naucz się strategii albo zostań ekspertem</i>	190

Rozdział 7. Systemy pamięci długotrwałej 193

Zawartość pamięci długotrwałej	193
Pamięć proceduralna	194
Pamięć proceduralna a inne systemy pamięci długotrwałej	194
Nabywanie umiejętności	196
Etapy nabywania umiejętności według J.R. Andersona	198
Reprezentacja wiedzy proceduralnej	200
Trwałość umiejętności	201
Obszary mózgu zaangażowane w pamięć umiejętności	202
Pamięć deklaratywna — semantyczna i epizodyczna	203
Rozróżnienie pamięci semantycznej i epizodycznej	203
Charakterystyka pamięci semantycznej	205
Charakterystyka pamięci epizodycznej	206
Badania metodą pamiętam-wiem	207
Dane neuropsychologiczne	209
Dane neuropoznawcze	212
Kontrowersje teoretyczne	213
Reprezentacja wiedzy deklaratywnej	214
Reprezentacja w formie sądów	214
Reprezentacja w formie wyobrażeń	216
Model podwójnego kodowania	216
Model pojedynczego kodu	219
Spór o reprezentację	219

Struktura pamięci semantycznej	220
Jak zorganizowana jest wiedza semantyczna?	220
Modele sieciowe	220
Modele porównywania cech	223
Modele schematów, ram i skryptów	224
Podsumowanie	227
Literatura uzupełniająca	229
<i>Zbliżenie 1. Rozwój bez pamięci epizodycznej</i>	
— czy wystarczy pamięć semantyczna?	230
<i>Zbliżenie 2. Czy zwierzęta mają pamięć epizodyczną?</i>	232

Rozdział 8. Procesy kodowania informacji

w pamięci długotrwałej	235
Wprowadzenie	235
Formy aktywności podczas kodowania informacji	
w pamięci długotrwałej	236
Powtarzanie	236
Organizowanie	241
Werbalizacja	243
Wyobrażenia	245
Elaboracja	247
Zapamiętywanie zamierzone i niezamierzone	249
Strategie zapamiętywania zamierzonego	249
Zapamiętywanie niezamierzone	249
Konstruktywny i wybiórczy charakter procesów kodowania	251
Zmiany w informacjach powstające podczas kodowania	251
Rola schematów	256
Wpływ poziomu przetwarzania na kodowanie informacji	258
Kodowanie informacji jako produkt uboczny	
operacji poznawczych	258
Kodowanie a późniejsze wydobywanie informacji	261
Efekt generowania	263
Efekt odniesienia do Ja	264
Podsumowanie	266
Literatura uzupełniająca	267
<i>Zbliżenie 1. Efekt wyższości obrazu</i>	268
<i>Zbliżenie 2. Efekt działania</i>	269
<i>Zastosowanie 1. Jak uczyć się treści</i>	
<i>tekstów podręcznikowych? Strategia PQ4R</i>	270
<i>Zastosowanie 2. Jak organizować szkolenia?</i>	
<i>Manipulowanie czasem</i>	271

Rozdział 9. Zapominanie	275
Zapominanie różnych rodzajów informacji	275
Krzywa zapominania Ebbinghausa	276
Zapominanie zdarzeń autobiograficznych	277
Zapominanie języka obcego	278
Zapominanie wiedzy szkolnej i uniwersyteckiej	280
Teorie zapominania	281
Dlaczego zapominamy?	281
Hipoteza rozpadu śladu pamięciowego	281
Rola interferencji	283
Schemat badań nad interferencją proaktywną	284
Zapominanie jako brak dostępu do śladu pamięciowego	286
Modyfikacje śladu pamięciowego	287
Wyparcie jako mechanizm zapominania	288
Czynniki wpływające na trwałość przechowywania informacji w pamięci	290
Adaptacyjne funkcje zapominania	293
Podsumowanie	294
Literatura uzupełniająca	295
Zbliżenie 1. Procesy konsolidacji śladów pamięciowych	295
Zbliżenie 2. Zapomnieć na życzenie — badania nad zapominaniem ukierunkowanym	297
Zastosowanie. Jak przeciwdziałać zapominaniu?	300
 Rozdział 10. Procesy wydobywania informacji z pamięci deklaratywnej	 303
Charakterystyka wydobywania informacji z pamięci deklaratywnej	304
Rozpoznawanie a reprodukcja	304
Zjawisko „końca języka”	305
Poczucie pamiętania	307
Rola wskazówek — zasada specyficzności kodowania	308
Zależność od kontekstu — relacja między warunkami wydobywania i kodowania	312
Strategie przypominania	319
Modele wydobywania	321
Model jednego procesu	321
Modele generowania-rozpoznawania	322
Modele wydobywania oparte na zasadzie specyficzności kodowania	323
Dwa procesy w rozpoznawaniu — ocena znajomości i przypomnienie	324

Mózgowe korelaty wydobywania informacji z pamięci deklaratywnej	327
Zniekształcenia w przypominaniu	328
Podsumowanie	333
Literatura uzupełniająca	335
<i>Zbliżenie 1. Monitorowanie źródła informacji podczas przypominania</i>	<i>335</i>
<i>Zbliżenie 2. Zaraźliwe błędy — zjawisko konformizmu w pamięci</i>	<i>337</i>
<i>Zastosowanie 1. Wywiad poznawczy jako procedura wydobywania informacji o zdarzeniu</i>	<i>339</i>
<i>Zastosowanie 2. Czy hipnoza pomaga w przypominaniu? ...</i>	<i>342</i>

Rozdział 11. Pamięć utajona 345

Pamięć a świadomość	345
Przejawy pamięci utajonej	346
Obserwacje kliniczne	347
Pamięć nieświadoma u ludzi zdrowych	348
Metody badania pamięci utajonej	349
Testy pośrednie oparte na torowaniu	349
Badania nad uczeniem się nieświadomym	354
Porównanie pamięci jawnej i utajonej	355
Niezależność stochastyczna testów pamięci jawnej i utajonej	355
Dysocjacje w porównaniach populacji	356
Dysocjacje funkcjonalne	358
Problemy związane z porównaniami — procedura dysocjacji procesów	362
Dane neuropoznawcze	366
Wyjaśnienia teoretyczne	367
Charakterystyka pamięci utajonej	367
Teoria aktywacji	368
Teorie odrębnych systemów pamięci	368
Teorie oparte na procesach przetwarzania informacji	369
Znaczenie pamięci utajonej	371
Podsumowanie	373
Literatura uzupełniająca	375
<i>Zbliżenie 1. Fałszywa sława, iluzja prawdy i inne efekty pamięci utajonej</i>	<i>376</i>
<i>Zbliżenie 2. Nieświadomy plagiat — jak to możliwe?</i>	<i>377</i>
<i>Zastosowanie. Nabywanie umiejętności przez pacjentów amnestycznych metodą znikających wskazówek</i>	<i>380</i>

Część III Pamięć w ciągu życia człowieka 383

Rozdział 12. Od dziecka do dorosłego — rozwój pamięci 385

Zależność między pamięcią a wiekiem człowieka	385
Przejawy pamięci we wczesnym dzieciństwie	387
Pomiary rozpoznawania	387
Pomiary odtwarzania	392
Rozwój poszczególnych systemów pamięci	393
Pamięć operacyjna	394
Pamięć proceduralna	396
Pamięć deklaratywna	397
Rozwój strategii pamięciowych	397
Deficyty strategiczne	397
Prestrategie i prekursorzy zachowań strategicznych	399
Rozwój metapamięci i kontroli nad pamięcią	402
Podsumowanie	404
Literatura uzupełniająca	405
<i>Zbliżenie 1. Czy dziecko pamięta doświadczenia</i> <i>z okresu prenatalnego?</i>	405
<i>Zbliżenie 2. Jak małe dzieci radzą sobie</i> <i>bez strategii pamięciowych? Przetwarzanie informacji</i> <i>w monologach przed snem i w zabawie tematycznej</i>	408
<i>Zastosowanie. Czy dziecko może być</i> <i>wiarygodnym świadkiem zdarzenia?</i>	410

Rozdział 13. Historia życia zapisana w pamięci

— pamięć autobiograficzna	413
Charakterystyka wspomnień autobiograficznych	413
Specyfika pamięci autobiograficznej	413
Cechy wspomnień	414
Rodzaje wspomnień	416
Metody badania	416
Organizacja pamięci autobiograficznej	419
Pamiętanie doświadczeń życiowych	422
Pamięć przeżyć z różnych okresów życia	422
Reminiscencja	423
Amnezja dziecięca	424
Pamięć fleszowa	429
Czy pamięć autobiograficzna jest wierna?	432
Rekonstruowanie wspomnień	432
Pamięć w służbie Ja	434
Wpływ kontekstu społecznego podczas wspominania	435
Jak powstają fałszywe wspomnienia?	436

Podsumowanie	438
Literatura uzupełniająca	440
<i>Zbliżenie. W poszukiwaniu wypartych wspomnień z dzieciństwa — wspomnienia odzyskane czy fałszywe?</i>	<i>441</i>
Rozdział 14. Pamięć w późnym wieku	445
Starzenie się pamięci	445
Słabe i mocne strony pamięci w późnym wieku	446
Hipotezy wyjaśniające osłabienie pamięci	451
Przegląd hipotez	451
Spowolnienie poznawcze	452
Redukcja zasobów przetwarzania	454
Deficyty w hamowaniu nieistotnych informacji	457
Zmiany neurologiczne w mózgu	460
Dlaczego pamięć pogarsza się w późnym wieku?	463
Podsumowanie	464
Literatura uzupełniająca	465
<i>Zbliżenie. Pamięć prospektywna starszych ludzi</i>	<i>466</i>
Rozdział 15. Zaburzenia pamięci	469
Czynniki zaburzające funkcjonowanie pamięci	469
Rodzaje zaburzeń	474
Główne rozróżnienia	474
Amnezja następcza	475
Amnezja wsteczna	477
Amnezje organiczne	479
Zespół amnestyczny po uszkodzeniu przysłankowych części płatów skroniowych	479
Zespół amnestyczny po uszkodzeniu międzymózgowia	483
Przejściowa amnezja globalna	486
Amnezje funkcjonalne	489
Ogólna charakterystyka	489
Amnezja dysocjacyjna	493
Fuga dysocjacyjna	493
Dysocjacyjne zaburzenie tożsamości	494
Zaburzenia pamięci w demencjach	496
Ogólna charakterystyka	496
Choroba Alzheimera	497
Podsumowanie	500
Literatura uzupełniająca	501
Słownik	503
Bibliografia	523
Indeks nazwisk	589
Indeks rzeczowy	601

6

Systemy pamięci krótkotrwałej

Krótkotrwałe pamiętanie informacji

Stale dociera do nas mnóstwo informacji. Nasze zmysły są nieustannie atakowane obrazami, dźwiękami i innymi bodźcami. Jedne ignorujemy, inne wyławiamy z bogatej stymulacji, zwracając na nie uwagę, niektórymi zajmujemy się przez jakiś czas. Bierze w tym udział pamięć.

Nie wszystko chcemy pamiętać długo, niektóre informacje są potrzebne tylko przez chwilę. Zatrzymujemy je w umyśle przez moment, ale zaraz ich miejsce zajmują nowe treści. Na przykład podczas programu radiowego słyszymy numer telefonu, pod który można zadzwonić, żeby zabrać głos w jakiejś sprawie. Przez chwilę go pamiętamy i możemy z niego skorzystać, ale jeśli nie będziemy go powtarzać albo nie zapiszemy tego numeru, to już po chwili nie uda się go przypomnieć. Informacje, których nie powtarzamy i nie opracowujemy, bardzo szybko znikają z pamięci. Z kolei treści, które zostały dobrze utrwalone, są przechowywane długo, nawet przez wiele lat. Pamięć ludzka jest znakomicie dostosowana do tego, by magazynować informacje przez różne okresy czasu.

W tym rozdziale zajmiemy się krótkotrwałymi formami pamięci: od ultrakrótkotrwałej pamięci sensorycznej do pamięci operacyjnej, której trwałość jest ograniczona, ale dostosowuje się do wykonywanych zadań. Każda z tych form ma złożoną strukturę. Odpowiednio do modalności przetwarzanych informacji trzeba wyróżnić przede wszystkim sensoryczną pamięć wzrokową i słuchową. Te dwa

rodzaje zmysłów odgrywają wiodącą rolę w ludzkiej percepcji i najwięcej (choć ciągle niewiele) wiemy o odpowiadającej im pamięci sensorycznej. Również struktura pamięci operacyjnej musi odpowiadać jej złożonym funkcjom i rodzajom przetwarzanych informacji. Pokazuje to model Baddeleya oparty na wielu danych empirycznych dotyczących charakterystyki pamięci krótkotrwałej.

Pamięć sensoryczna

W modelu Atkinsona i Shiffrina (1968) pierwszy etap przetwarzania informacji ma miejsce w rejestrze sensorycznym, w którym przez bardzo krótki czas magazynowane są informacje odbierane przez narządy zmysłów. Wyróżniając tę strukturę, autorzy opierali się na odkryciach Georga Sperlinga (1960) dotyczących sensorycznej formy pamięci wizualnej, nazwanej później ikonyczną. Analogicznych odkryć dokonano w odniesieniu do sensorycznej pamięci słuchowej.

Pamięć ikoniczna

Sperling (1960) prowadził eksperymenty w ramach pracy doktorskiej na Uniwersytecie Harvarda. Punktem wyjścia było proste pytanie: ile można zobaczyć w krótkiej, pojedynczej ekspozycji? Na przykład gdy na planszy jest kilka liter, a prezentacja trwa tylko ułamek sekundy. Ludzie pytani bezpośrednio po prezentacji mówią, że widzieli więcej, niż mogą sobie w danej chwili przypomnieć. Oznacza to, że pamięć ma ograniczony zakres, o czym zresztą wiadomo od dawna. Sperlinga zainteresowała jednak inna ewentualność — być może początkowo w pamięci jest dostępnych więcej informacji, które zanikają, zanim zostaną odtworzone. Żeby sprawdzić ten tok rozumowania, wykonał serię pomysłowych eksperymentów.

Tachistoskop (*tachistoscope*) — przyrząd służący do wyświetlania materiału wizualnego w bardzo krótkim, dokładnie określonym czasie (rzędu milisekund).

Procedura częściowego odtwarzania (*partial report procedure*) — procedura służąca do pomiaru pamięci; badany jest proszony o odtworzenie wskazanej przez eksperymentatora części materiału, który wcześniej mu przedstawiono.

Jako materiałem posłużył się zbiorami liter ułożonych w jeden, dwa lub trzy szeregi, zawierające łącznie od 3 do 12 jednostek. Typowym przykładem jest zestaw 12 liter rozmieszczonych w 3 rzędach po 4 litery (rysunek 6.1 A). Ekspozycja trwała przez 50 milisekund przy użyciu **tachistoskopu**. Przed i po każdej ekspozycji badani widzieli pustą planszę. Następnie prosił badanych o podanie wszystkich pamiętanych liter, czyli o pełne odtworzenie (*whole report*). Okazało się, że niezależnie od liczby liter i ich układu przestrzennego odtwarzano prawidłowo zaledwie około 4 liter (średnio 4,5).

Czy oznacza to, że w pamięci zostały zarejestrowane tylko 4 jednostki? Jak można sprawdzić, czy pamięć przechowywała początkowo więcej liter, ale zniknęły one bardzo szybko? Sperling zastosował pomysłową odmianę procedury — zamiast pełnego odtwarzania prosił o **odtworzenie częściowe** (*partial report*), tzn. odtworzenie tylko jednego szeregu z trzech. Po prezentacji zbioru 12 liter podawał sygnał dźwiękowy informujący o tym, który rząd liter należy odtworzyć. Jeśli ton był wysoki, trzeba było odtworzyć górny rząd; jeśli średniej wysokości — środkowy rząd; jeśli ton niski — dolny rząd. Oczywiście osoba badana nie wiedziała

wcześniej, który szereg będzie odtwarzać. Okazało się, że w warunkach odtwarzania częściowego badani podawali 3 do 4 jednostek z dowolnego szeregu. Mnożąc ten wynik razy liczbę rzędów, Sperling oszacował, że badani mają dostęp przynajmniej do 9 liter. Wyprowadził stąd wniosek, że bezpośrednio po zniknięciu bodźca wizualnego pamięć przechowuje niemal pełny obraz zbioru, może nawet wszystkie jednostki. Żeby określić, jak szybko następują ubytki w pamięci, Sperling opóźniał sygnał dźwiękowy. Stwierdził, że wraz z opóźnianiem sygnału liczba odtwarzanych liter szybko się zmniejsza, a po 1 sekundzie wyniki są takie jak przy pełnym odtwarzaniu, tzn. badani podają 1 – 2 litery z danego szeregu (rysunek 6.1 C).

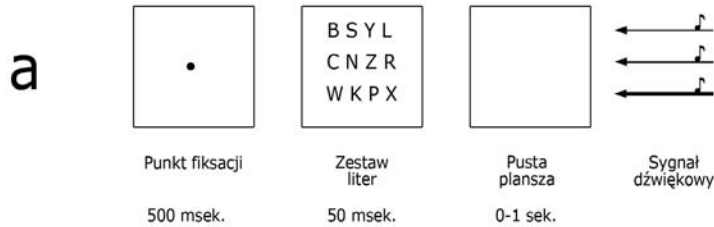
Ciekawe dane uzyskał Sperling w uzupełniających eksperymentach. W jednym z nich zastosował zbiory mieszane, zawierające litery i cyfry, a odtwarzanie częściowe polegało na podawaniu tylko liter albo tylko cyfr. W tej sytuacji efekty odtwarzania częściowego nie przewyższały w istotnym stopniu odtwarzania pełnego, co może oznaczać, że pamięć sensoryczna zawiera informacje jeszcze niezinterpretowane, jej treść jest prekategorialna. W innym eksperymencie odnotował, że utrzymywanie się obrazu w pamięci zależy także od tego, co następuje bezpośrednio po nim. W standardowych warunkach osoba badana widziała przed ekspozycją układ liter i po niej puste pole. Manipulując jego jasnością, można było stwierdzić, że jasne pole zmniejsza dokładność odtwarzania w porównaniu z ciemnym polem. Zjawisko to nazwano **maskowaniem wstecznym** (*backward masking*). Z eksperymentów przeprowadzonych inną metodą (Averbach i Coriell, 1961) wynika, że bodziec maskujący (na przykład kółko) prezentowany zaraz po wyświetleniu liter wywołuje interferencję w percepcji wcześniejszego bodźca widzanego w tym samym miejscu. W niektórych przypadkach (gdy kółko jest pokratkowane) może nastąpić wręcz „wymazanie” z pamięci wcześniejszego bodźca.

Na podstawie eksperymentów Sperlinga powstał model wzrokowej pamięci sensorycznej, określanej jako pamięć ikoniczna. Przechowuje ona pełny obraz wzrokowy, który stopniowo słabnie i w ciągu kilkuset milisekund całkowicie zanika. Zakładano, że zawiera ona surowe dane sensoryczne, które jeszcze nie miały kontaktu z kategoriami służącymi do interpretacji, a więc jest prekategorialna. Dlatego w zadaniu odtwarzania częściowego badany może wybrać litery ze zbioru, kierując się ich cechami fizycznymi: położeniem (na przykład wszystkie ze środkowego rzędu), kolorem (na przykład wszystkie niebieskie) lub wielkością (na przykład wszystkie duże litery), nie może jednak wybrać liter według znaczenia, na przykład samych samogłosek (Massaro i Loftus, 1996). Podczas reprodukcji częściowej następuje zwrócenie uwagi na pewne litery dostępne w pamięci i „odczytanie” ich. Po identyfikacji bodźca informacja jest przekazywana do dalszego przetwarzania w pamięci krótkotrwałej.

Dzięki pamięci ikonicznej możemy opracowywać bodziec jeszcze przez pewien czas po zakończeniu jego działania. Ma to znaczenie, gdy bezpośredni kontakt z bodźcem jest zbyt krótki, by możliwa była analiza cech i identyfikacja. Z kolei zbyt długie utrzymywanie obrazu w pamięci sensorycznej także sprawiałoby

Maskowanie

wsteczne (*backward masking*) — zakłócenie percepcji występujące, gdy zaraz po bodźcu (wzrokowym lub słuchowym) pojawia się inny bodziec tej samej modalności.

**Rysunek 6.1.**

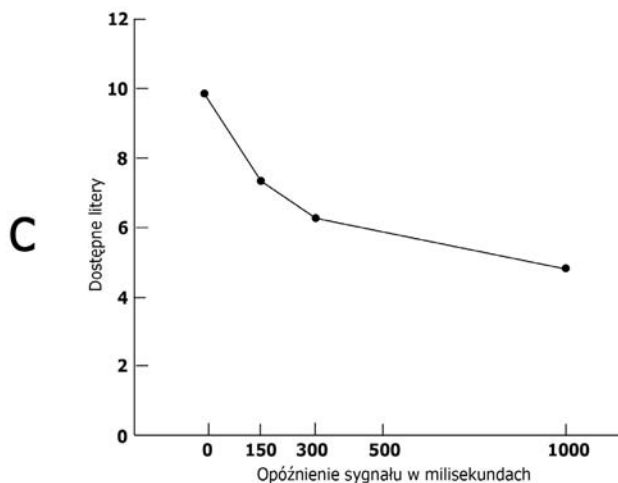
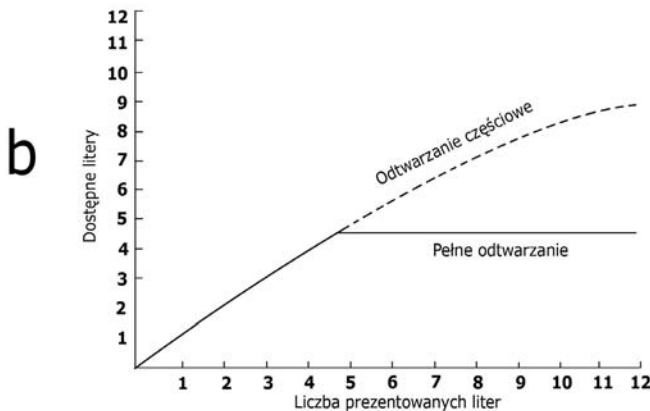
Ekspertymenty Sperlinga (1960).

a) Procedura:

Prezentowano zestaw liter w ciągu 50 milisekund, a następnie pokazywano pustą planszę. Odtwarzanie pełne następowało bezpośrednio po prezentacji, a odtwarzanie częściowe po upływie od 0 do 1 sekundy. Przy odtwarzaniu częściowym sygnał dźwiękowy informował o tym, który rząd należy odtwarzać.

b) Porównanie wyników odtwarzania pełnego i częściowego.

c) Spadek odtwarzania częściowego wraz z opóźnieniem sygnału



kłopoty, utrudniając przetwarzanie kolejnych bodźców, na przykład podczas czytania. Są dane przemawiające za tym, że niektóre rodzaje zaburzeń w czytaniu występujące u dyslektyków wynikają m.in. z wolniejszego tempa przetwarzania informacji wizualnej i dłuższego utrzymywania obrazu w pamięci ikonicznej, co przeszkadza w przetwarzaniu liter i słów (Stanley i Hall, 1973; DiLollo, Hanson i McIntyre, 1983).

Zjawiska podobne do pamięci ikonicznej znane były od dawna z różnego typu obserwacji i badań nad percepcją wzrokową. Jednym z nich jest zjawisko **trwałości wizualnej** (*visual persistence*) polegające na tym, że w pewnych warunkach mamy wrażenie, iż bodziec trwa jeszcze po zaprzestaniu jego działania. Na przykład podczas burzy widzimy błyskawicę na ciemnym niebie przez około 0,5 sekundy, chociaż tworzące ją błyski trwają łącznie około 200 milisekund (Ashcraft, 1994). Wydaje nam się, że obraz błyskawicy gaśnie stopniowo. Podobnym zjawiskiem jest **powidok** (*afterimage*), którego doświadczamy, gdy patrzyliśmy na jasną lampę, która nagle zgasła, ale obraz światła utrzymuje się i porusza wraz z przenoszeniem wzroku w inne miejsce.



Błyskawicę widzimy dłużej niż trwają błyski

Na początku lat 80. pojawiły się prace badawcze i teoretyczne podające w wątpliwość prosty model pamięci ikonicznej. Przede wszystkim zakwestionowano statyczny i pasywny charakter obrazu w pamięci ikonicznej. Haber (1983) zarzucał eksperymentom Sperlinga brak trafności ekologicznej, ponieważ naturalne środowisko wizualne nie jest podobne do krótkich ekspozycji, po których następuje puste pole. Czy w ogóle zjawisko badane w tego typu eksperymentach zdarza się w naturze? Według Habera jego odpowiednikiem może być jedynie czytanie przy świetle błyskawic. W normalnej percepcji ten typ pamięci nie odgrywa dużej roli,

Trwałość wizualna (*visual persistence*)

— utrzymywanie się wrażenia wzrokowego, gdy bodziec przestał już działać.

Powidok (*afterimage*)

— doznanie wzrokowe pojawiające się po usunięciu bodźca, inaczej obraz następczy; może mieć kolor dopełniający (na przykład zielony) w stosunku do koloru bodźca (czerwonego).

ponieważ ekspozycja bodźców jest raczej ciągła niż chwilowa. Z kolei obrońcy pamięci ikonicznej wskazywali na to, że może ona mieć znaczenie w podtrzymywaniu obrazu uzyskanego w jednej fiksacji oka aż do zintegrowania go z obrazem z następnej fiksacji (Massaro i Loftus, 1996).

Początkowo uważano, że doświadczanie trwałości wizualnej jest przejawem tego samego zjawiska pamięci ikonicznej, które występuje w zadaniu odtwarzania częściowego. Jednak jak wykazały badania, wykonywanie zadań służących do oceny trwałości wizualnej podlega innym uwarunkowaniom niż zadanie Sperlinga (przeglądy podają: Coltheart, 1980; Greene, 1992; Massaro i Loftus, 1996). Z tego powodu należy według Colhearta (1980) rozróżnić w pamięci ikonicznej przynajmniej dwa różne zjawiska: trwałość informacyjną (*informational persistence*) mierzoną w zadaniu częściowego odtwarzania i trwałość widzialną (*visible persistence*) mierzoną pozostałymi zadaniami.

O złożoności zjawisk występujących w pamięci ikonicznej świadczą również efekty maskowania wstecznego. Turvey (1973) zastosował dwa rodzaje maskowania: szumem wizualnym (bodźcem maskującym były przypadkowe kropki i kreski) i wzorem (bodźcem maskującym był wzór złożony z kresek tej samej grubości, co linie bodźca). Stwierdził, że maskowanie szumem jest skuteczne tylko wtedy, gdy bodziec właściwy i maskujący są prezentowane do tego samego oka. Efekty tego maskowania są tym większe, im bardziej intensywny jest bodziec. Inaczej było w przypadku maskowania wzorem: ani intensywność, ani prezentacja do tego samego oka nie miały istotnego znaczenia. Ważny był jedynie odstęp czasu pomiędzy dwoma bodźcami: im szybciej po prezentacji litery następowała ekspozycja bodźca maskującego, tym silniejsze było jego działanie. Na podstawie tego rodzaju danych można przypuszczać, że pamięć ikoniczna obejmuje różne stadia percepcji wzrokowej. Maskowanie szumem odnosi się do stadium peryferyjnego, które występuje na poziomie siatkówki i ma charakter prekategoriowy. Natomiast maskowanie wzorem odpowiada stadium centralnemu, na wyższym poziomie układu nerwowego, w którym następuje interpretacja połączonych informacji z obu oczu.

Późniejsze dane sugerują, że informacja dostępna w procedurze częściowego odtwarzania jest w wyższym stopniu zinterpretowana, niż sądził Sperling (Greene, 1992). Merikle (1980) jeszcze raz sprawdził, czy badani mogą dokonać częściowego odtworzenia jednej kategorii znaków — liter lub cyfr — zawartych w zbiorze mieszanym. U Sperlinga odtwarzanie pełne i częściowe występowały w oddzielnych blokach eksperymentu, natomiast Merikle zastosował te dwa rodzaje zadań naprzemiennie w przypadkowej kolejności. Tym razem okazało się, że odtwarzanie częściowe daje istotnie lepsze wyniki niż pełne, a jego skuteczność obniża się wraz z opóźnianiem sygnału informującego o tym, jakie elementy należy podać. A więc to, czy badani potrafili dokonywać wyboru nie tylko w oparciu o cechy fizyczne materiału, ale także na podstawie cech znaczeniowych, zależało od procedury eksperymentalnej. Prawdopodobnie przy procedurze zblokowanej uczestnicy stosowali inne strategie przetwarzania informacji niż przy procedurze mieszanej.

Ciekawe, na czym polegają błędy popełniane w zadaniu odtwarzania częściowego. Czy na zasadzie zgadywania podawane są litery, których w ogóle nie było w przedstawionym zbiorze, czy litery pochodzące ze zbioru, ale z niewłaściwego szeregu? W kilku eksperymentach stwierdzono, że przeważają błędy polegające na myleniu miejsca liter, a ich liczba wyraźnie wzrasta, gdy sygnał się opóźnia (Greene, 1992). Można stąd wnosić, że litery zostają szybko zidentyfikowane, a kłopoty dotyczą przypominania sobie miejsc.

Modele uwzględniające nowsze wyniki zakładają, że jest kilka stadiów przetwarzania informacji w pamięci ikonicznej, a odtwarzanie częściowe jest związane raczej ze stadium postkategorialnym (Greene, 1992). Podkreśla się także dynamiczny i ciągły charakter percepcji wzrokowej, w której struktury podtrzymujące informacje (bufory) są nierozzerwalnie związane z procesami (Greene, 1992; Massaro i Loftus, 1996). Jednocześnie trzeba odnotować, że prosty początkowo model wzrokowej pamięci sensorycznej staje się znacznie bogatszy i zarazem bardziej skomplikowany.

Pamięć echoiczna

Zgodnie z propozycją Neissera (1967) przyjęło się określać sensoryczną pamięć słuchową jako pamięć echoiczną. Jest to system, który przechowuje percepcyjną informację akustyczną przez bardzo krótki czas. Dzięki niemu wrażenie słuchowe utrzymuje się jeszcze po zniknięciu dźwięku.

W pamięci echoicznej obserwuje się zjawiska analogiczne do występujących w sensorycznej pamięci wzrokowej. Gdy ludzie starają się ocenić, jak długo słyszą prosty dźwięk, to okazuje się, że percepcja przekracza czas ekspozycji dźwięku. W jednym z badań stwierdzono, że niezależnie od tego, czy dźwięk trwał 30 czy 100 milisekund, subiektywnie doświadczana jego długość wynosiła około 130 milisekund (Efron, 1970, cyt. za: Baddeley, 1997). Zjawisko to można określić jako **trwałość słuchową** (*auditory persistence*), analogicznie do trwałości wzrokowej opisywanej w odniesieniu do pamięci ikonicznej (Massaro i Loftus, 1996; Baddeley, 1997).

Występuje tu również efekt maskowania wstecznego polegający na zakłóceniu percepcji, gdy zaraz po dźwięku bodźcowym pojawia się inny dźwięk. Efekt maskowania wzrasta wraz z intensywnością bodźca maskującego i jest silniejszy, gdy oba bodźce są skierowane do tego samego ucha. Można zatem sądzić, że dokonuje się na poziomie peryferyjnej pamięci echoicznej, odpowiednika peryferyjnej pamięci ikonicznej (Deatherage i Evans, 1969, cyt. za: Baddeley, 1997).

Massaro (1970) mierzył trwałość pamięci echoicznej na podstawie maskowania wstecznego. W jego eksperymentach badani rozpoznawali proste bodźce dźwiękowe (tony), po których następował bodziec maskujący. Massaro manipulował odstępem czasu pomiędzy bodźcem właściwym i maskującym. Spodziewał się, że opóźnianie maskowania będzie korzystne dla późniejszego rozpoznawania bodźca właściwego. I rzeczywiście, dokładność identyfikacji bodźca poprawiała się, gdy

Trwałość słuchowa
(*auditory persistence*)
— utrzymywanie się wrażenia dźwięku, gdy bodziec przestał już działać.

odstęp pomiędzy nim a bodźcem maskującym wzrastał do 250 milisekund. Dalsze opóźnianie maskowania nie miało już znaczenia. Na tej podstawie Massaro określa trwałość sensorycznej pamięci słuchowej na około 250 milisekund. W tym czasie następuje opracowanie bodźca niezbędne do późniejszego rozpoznania. Przetwarzanie zostaje przerwane, gdy pojawia się bodziec maskujący, który wchodzi na miejsce poprzedniego. Jednak maskowanie nie redukuje informacji o bodźcu, która już została uzyskana. Tym właśnie Massaro tłumaczy korzyści z opóźniania bodźca maskującego.

Inni badacze próbowali ocenić pojemność i trwałość pamięci echoicznej, stosując paradygmat odtwarzania częściowego zapożyczony od Sperlinga. I tak na przykład Darvin, Turvey i Crowder (1972) prezentowali jednocześnie z trzech różnych miejsc trzy różne listy elementów: liter i cyfr. Badani odbierali je przez słuchawki stereofoniczne w ten sposób, że jedna lista docierała z lewej strony, druga z prawej, a trzecia z naprzeciwka. Każda lista zawierała 3 jednostki (na przykład K5M, 9S4), łącznie 9 elementów. Gdy poproszono o pełne odtwarzanie, badani podawali około 4 jednostek. W sytuacji odtwarzania częściowego zastosowano wskazówkę wzrokową informującą o tym, która lista ma być odtwarzana. Wskazówka pojawiała się na ekranie po prawej stronie, po lewej lub na środku. Badani odtwarzali w tych warunkach ponad 50% elementów ze wskazanej listy, a więc mieli prawdopodobnie dostęp do około 5 jednostek spośród 9 usłysanych. Wskazuje to na mniejszą pojemność pamięci echoicznej w porównaniu z ikonyczną.

W tym samym badaniu sprawdzano, jak długo utrzymuje się echoiczny ślad pamięciowy. Wskazówkę do odtwarzania podawano po upływie 0, 1, 2, 3 lub 4 sekund. Stwierdzono, że wraz z opóźnieniem odtwarzania częściowego obniżają się jego wyniki, a po 4 sekundach nie przewyższają już poziomu odtwarzania pełnego. Na podstawie tego rodzaju badań ocenia się, że trwałość pamięci echoicznej wynosi 2 – 4 sekund, chociaż w przypadku bardzo prostych bodźców może osiągać nawet 20 sekund.

Często podaje się, że pamięć echoiczna ma mniejszą pojemność w porównaniu z pamięcią ikonyczną, ale za to jej trwałość jest dłuższa (Ashcraft, 1994; Searleman i Herrmann, 1994). Warto wobec tego odnotować odrębne stanowisko prezentowane m.in. przez Massaro i Loftusa (1996), którzy uważają, że czas przechowywania informacji w obu magazynach jest podobny. Nie jest łatwo ustalić, jak długo trwa pamięć echoiczna, trudno też dokładnie określić granice pomiędzy nią a pamięcią krótkotrwałą, do której trafiają opracowane już informacje słuchowe. Są propozycje, by rozróżniać dwa magazyny pamięci słuchowej: krótkotrwały, tj. działający w czasie 150 – 350 milisekund i doświadczany jako wrażenie, oraz długotrwały, obejmujący od 2 do 20 sekund i doświadczany jako pamięć (Cowan, 1984). W tym drugim informacje są już częściowo przeanalizowane.

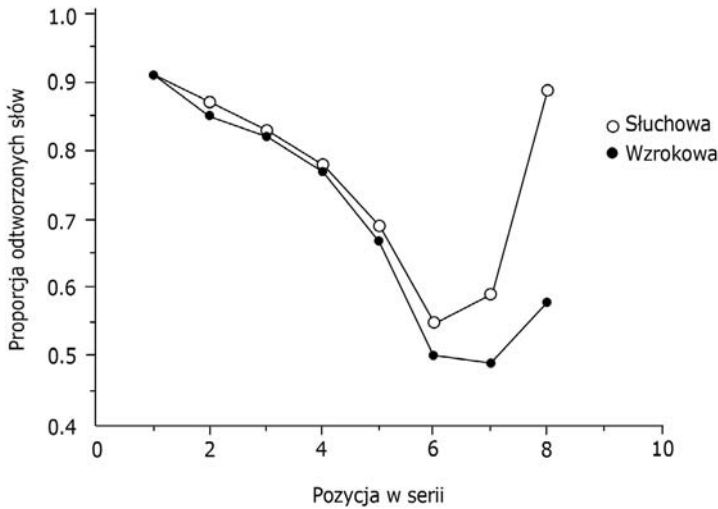
Efekty modalności i sufiksu. W badaniach pamięci echoicznej często stosowanym zadaniem jest reprodukcja seryjna listy słów lub cyfr (Crowder i Greene, 2000). Występuje w nim **efekt modalności** (*modality effect*) — słuchowa

Efekt modalności (*modality effect*)

— ostatnie słowa z listy są odtwarzane lepiej po prezentacji słuchowej niż po wzrokowej.

prezentacja listy daje zazwyczaj lepsze wyniki niż prezentacja wzrokowa, ale różnica dotyczy tylko ostatnich dwóch lub trzech elementów. Inaczej mówiąc, lepiej zapamiętamy ostatnie elementy listy, gdy ją usłyszymy, niż gdy ją zobaczymy. Jeśli jednak na końcu słyszanej listy pojawia się jakiś nieistotny dodatek (nazywany sufiksem, czyli przyrostkiem), którego wcale nie trzeba odtwarzać (na przykład słowo „powtór” albo „koniec”), to reprodukcja poprzedzających go słów obniża się. **Efekt sufiksu (przyrostka, suffix effect)** polega na pogorszeniu odtwarzania ostatnich elementów listy. Efekty modalności i sufiksu pozwoliły dokładniej poznać funkcjonowanie sensorycznej pamięci słuchowej.

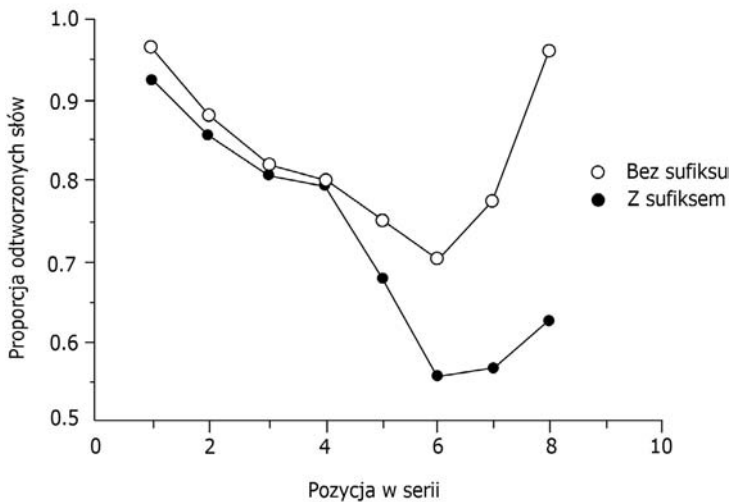
Efekt sufiksu (przyrostka, suffix effect) — gdy na końcu listy prezentowanej słuchowo pojawia się nieistotne słowo, to odtwarzanie poprzedzających go słów obniża się.



Rysunek 6.2. Efekty modalności (a) i sufiksu (b) w pamięci materiału słownego

a) Efekt modalności: ostatnie trzy elementy serii słów są odtwarzane lepiej po prezentacji słuchowej niż po prezentacji wzrokowej (za: Greene, 1992, s. 23)

b) Efekt sufiksu: wprowadzenie sufiksu na końcu listy sprawia, że odtwarzanie poprzedzających go słów obniża się (za: Greene, 1992, s. 25)



W badaniach Crowdera i współpracowników prezentowano listy składające się z ośmiu lub dziewięciu cyfr. Po zakończeniu listy podawano dodatkowe słowo „zero”, które należało traktować jako sygnał do odtwarzania. W sytuacji kontrolnej nie było tego dodatku, a badani zaczynali odtwarzać listę, gdy kończyła się prezentacja. Okazało się, że przyrostek powoduje wzrost liczby błędów na ostatnich pozycjach listy prezentowanej słuchowo, a także gdy badani głośno odczytują listę prezentowaną wzrokowo. Natomiast przy percepcji czysto wzrokowej brak jest efektu przyrostka. Może to oznaczać, że ostatnie elementy były jeszcze przechowywane w pamięci echoicznej, a dodatkowy bodziec słuchowy powodował zakłócenia w ich przetwarzaniu. W dalszych eksperymentach ustalono, że efekt występuje tylko wtedy, gdy sufiks ma charakter werbalny, a nie powoduje go brzęczyk włączany po serii cyfr.

Na efektach modalności i przyrostka opiera się koncepcja prekategorialnego magazynu akustycznego (*precategory acoustic storage*, PAS), proponowana przez Crowdera i Mortona (1969). Magazyn ten miałby otrzymywać wyłącznie informacje akustyczne i nie podlegałby wpływowi stymulacji wzrokowej ani artykulacyjnej podczas cichego powtarzania. Po zakończeniu działania bodźca w magazynie byłaby przechowywana przez kilka sekund jego surowa reprezentacja, która jest wykorzystywana podczas reprodukcji seryjnej i wywołuje efekt modalności. Zgodnie z tą koncepcją sufiks działa na ostatnie jednostki jak bodziec maskujący — wchodząc na ich miejsce, usuwa je z pamięci.

Koncepcję Crowdera i Mortona podważają jednak późniejsze dane z badań. Okazało się, że pogorszenie odtwarzania ostatnich elementów następuje także wtedy, gdy sufiks nie jest odbierany słuchowo, a jedynie odczytywany z ust eksperymentatora, który bezgłośnie wymawia dodatkowe słowo. Efekty modalności i przyrostka odnotowano również u osób, które same bezgłośnie artykułowały zarówno listę cyfr, jak i dodatkowe słowo pokazywane na ekranie komputera (Greene i Crowder, 1984). Różni autorzy stwierdzali, że sufiksy odczytywane z ust i artykułowane bezgłośnie powodują interferencję w reprodukcji elementów słuchowych i odwrotnie (Greene, 1992). Nie można więc przypisać tych efektów magazynowi czysto słuchowemu, prawdopodobnie są one związane z późniejszymi stadiami przetwarzania języka (Baddeley, 1997). Co więcej, efekty świeżości i sufiksu zaobserwowano także u osób głuchych od urodzenia, gdy materiał był prezentowany w języku migowym (Shand i Klima, 1981).

Skąd się zatem biorą efekty modalności i sufiksu? Zwróćmy uwagę na to, że w zadaniu reprodukcji seryjnej trzeba odtworzyć nie tylko poszczególne elementy, ale także ich kolejność. Okazuje się, że kolejność czasową łatwiej jest zakodować podczas prezentacji słuchowej, która jest z natury sekwencyjna, niż podczas prezentacji wzrokowej. A więc korzyści z prezentacji słuchowej w porównaniu ze wzrokową, wyrażające się w efekcie modalności, mogą wynikać z dokładniejszego zakodowania informacji o czasie pojawiania się poszczególnych jednostek (Glenberg i Swanson, 1986; Crowder i Greene, 2000).

Jak funkcjonuje pamięć sensoryczna?

Ogólnie stwierdza się, że słuchowa pamięć sensoryczna jest w swoim funkcjonowaniu pod wieloma względami podobna do pamięci ikonicznej. Obie przechowują surowe dane sensoryczne i umożliwiają dalsze opracowywanie bodźca, gdy przestał już działać. Przetwarzanie informacji sensorycznej jest procesem rozciągniętym w czasie i może zostać przerwane przez nowy bodziec. Podczas przetwarzania następuje wyróżnienie informacji percepcyjnych i ewentualnie znaczeniowych, co prowadzi do zmiany reprezentacji. Dzięki procesowi uwagi reprezentacja może być przesłana do pamięci krótkotrwałej. W obu systemach następuje w krótkim czasie utrata informacji — albo z powodu rozpadu reprezentacji, albo z powodu interferencji wywołanej przez nowy bodziec. Różnice dotyczą prawdopodobnie pojemności, która jest mniejsza w przypadku pamięci echoicznej niż ikonicznej. Z odmiennych modalności wynikają też różnice w przetwarzaniu, co może także powodować, że te dwa systemy różnią się trwałością przechowywania.

Zgromadzone dane empiryczne przemawiają za tym, że pamięć sensoryczna nie stanowi pojedynczego stadium (czy systemu). Ciągłemu charakterowi percepcji odpowiada ciągłość przetwarzania i związane z nią zmiany formy reprezentacji. Jakie są stadia przetwarzania informacji zawartej w bodźcu i w jakiej kolejności następują po sobie, to ciągle kwestia otwarta. Dlatego trudno określić granice czasowe pamięci sensorycznej. Zadania, za pośrednictwem których staramy się dotrzeć do treści zachowanych w pamięci, odnoszą się do różnych stadiów przetwarzania. Informacja może być dostępna w późniejszym stadium, chociaż nie jest już wrażliwa na manipulacje eksperymentalne związane z wcześniejszym etapem. Jeśli informacja nie jest dostępna przy określonym pomiarze, to może się ujawnić przy innym, odnoszącym się do późniejszego etapu przetwarzania.

Obiecującym kierunkiem są badania neuropoznawcze oparte na pomiarach potencjałów wywołanych (ERP, patrz: rozdział 4.) przez bodźce słuchowe (Winkler, Reinikainen, Näätänen, 1993; Näätänen, Alho, 1995). Odnotowano w nich zjawisko, które daje wgląd w funkcjonowanie pamięci echoicznej. Gdy prezentowana jest sekwencja dźwięków o podobnej charakterystyce (standardowych), a następnie pojawia się jakiś odmienny dźwięk, różniący się przynajmniej jednym atrybutem (nazywany dewiantem), to w reakcji mózgu następuje wyraźna zmiana negatywna, określana jako negatywne niedopasowanie lub potencjał niezgodności (*mismatch negativity*, MMN). Jest ona traktowana jako fizjologiczna miara pamięci echoicznej. Uważa się, że odzwierciedla ona mechanizm neuronalny porównujący aktualny bodziec ze śladem wcześniejszych standardowych bodźców. Można badać ten ślad, rejestrując MMN podczas prezentacji różnych bodźców odbiegających od normy, i określać w ten sposób dokładność i trwałość reprezentacji. Pamięć ujawniająca się w MMN wydaje się bardzo podobna do pamięci echoicznej: zawiera informację sensoryczną obejmującą wszystkie cechy bodźca, jej trwałość wynosi 5 – 10 sekund, funkcjonuje poza świadomym doświadczeniem i niezależnie od uwagi.

Charakterystyka pamięci krótkotrwałej

Pojemność

Charakterystyczną cechą pamięci krótkotrwałej jest ograniczona pojemność (*capacity*). Przeczytajmy i spróbujmy odtworzyć z zachowaniem kolejności podany niżej ciąg 21 liter. Okaże się, że taki zbiór znacznie przekracza pojemność pamięci krótkotrwałej.

MA GIC ZNAL ICZ BAMI LLE RA

Zakres pamięci bezpośredniej

(*immediate memory span*) — liczba elementów odtwarzanych bezpośrednio po jednorazowym odbiorze z zachowaniem kolejności.

To ograniczenie znane było od dawna. Jeden z tradycyjnych pomiarów dotyczy **zakresu pamięci bezpośredniej** (*immediate memory span*). Polega na tym, że czytamy osobie badanej szereg cyfr i prosimy o odtworzenie ich w takiej samej kolejności. Zaczynamy od dwóch cyfr, a następnie podajemy coraz dłuższe szeregi aż do momentu, w którym badany popełnia błąd w odtwarzaniu. Maksymalna długość bezbłędnie odtworzonego szeregu jest miarą zakresu pamięci bezpośredniej. Każdy może sprawdzić zakres własnej pamięci bezpośredniej na przykładzie podanym w ramce 6.1.

Ramka 6.1.

Pomiar zakresu pamięci bezpośredniej

Przeczytaj powoli i głośno pierwszy szereg. Po przeczytaniu postaraj się odtworzyć wszystkie cyfry po kolei. Jeśli Ci się udało, zrób to samo z następnym szeregiem. Zakres Twojej pamięci bezpośredniej wynosi tyle, ile jest cyfr w najdłuższym odtworzonym poprawnie szeregu.

28

619

4205

48572

068271

6458019

24708351

497710235

9271020571

30416828494

072991274536

George Miller (1956) analizował wyniki badań zakresu pamięci bezpośredniej i stwierdził, że niezależnie od rodzaju materiału ludzie odtwarzają od 5 do 9 elementów, czyli 7 ± 2 . Elementami są sensowne porcje informacji. Mogą to być litery, cyfry, ale także słowa, a nawet całe frazy. Spójrzmy jeszcze raz na ten sam ciąg 21 liter. Tym razem nie mamy problemu z zapamiętaniem go, ponieważ litery utworzyły sensowne słowa.

MAGICZNA LICZBA MILLERA = 7 ± 2

Określenie „magiczna liczba” pochodzi z artykułu Millera opublikowanego w 1956 roku. Magiczny charakter liczby 7 ± 2 polega na tym, że jest ona stała niezależnie od tego, czy zapamiętujemy pojedyncze litery, czy całe słowa. Podstawowymi jednostkami magazynowanymi w pamięci krótkotrwałej są porcje informacji (*chunks*), które mogą mieć różne rozmiary, od jednej litery do całych fraz. Wynika z tego, że chociaż pojemność pamięci jest ograniczona, to możemy ją w pewnym stopniu „poszerzyć”, czy raczej lepiej wykorzystać, tworząc duże porcje informacji (patrz: „Zastosowanie”). Łatwo to sprawdzić, porównując zakres pamięci bezpośredniej mierzonej przy użyciu dwóch rodzajów materiału: luźnych, niepowiązanych słów i tekstu. Dla luźnych słów zakres pamięci wynosi około 5 lub 6, ale w sensownym tekście zapamiętamy 16 lub więcej słów (Baddeley, 2000 a). Im bardziej ciąg słów będzie podobny do typowych konstrukcji prozy w języku ojczystym, tym wyższy stwierdzimy zakres pamięci. Dotyczy to jednak tylko liczby słów, bo liczba porcji informacji pozostaje stała (Tulving i Patkau, 1962). W modelu wielomagazynowym odwołano się do danych Millera i przyjęto, że pojemność magazynu pamięci krótkotrwałej wynosi 7 ± 2 elementy.

Magiczna siódemka Millera stała się bardzo popularna w literaturze psychologicznej, ale ostatnio konkuruje z nią „magiczna liczba 4” proponowana przez Nelsona Cowana (2001). Uważa on, że liczba Millera została oszacowana jedynie z grubsza, ponieważ nie wiadomo, jak duże porcje informacji ludzie tworzą. Żeby określić pojemność pamięci, trzeba stworzyć warunki, w których porcja obejmuje tylko jeden element materiału, czyli wyeliminować porcjowanie. Cowan analizował wykonywanie zadań, w których jest mało prawdopodobne porcjowanie lub powtarzanie materiału, i doszedł do wniosku, że w takich sytuacjach dorośli odtwarzają średnio zaledwie od 3 do 5 elementów (porcji), a więc 4 ± 1 . Wyniki indywidualne mieszczą się w granicach od 2 do 6 porcji. Ograniczona pojemność pamięci krótkotrwałej ma zdaniem Cowana związek z ograniczoną pojemnością uwagi: w centrum uwagi można utrzymać w danym czasie jedynie 3 – 5 elementów. W praktyce to ograniczenie pamięci krótkotrwałej bywa przekraczane dzięki strategiom przetwarzania informacji, takim jak powtarzanie, porcjowanie i korzystanie z magazynów niemających ograniczonej pojemności. Inny problem dotyczy tego, czy pojemność pamięci mierzona w zadaniu bezpośredniej reprodukcji, gdy ujmujemy ją w porcjach informacji, jest stała (Cowan, Chen i Rouder, 2004). Z nowszych badań wynika, że może mieć na nią wpływ na przykład długość słów na liście, a także

podobieństwo fonologiczne pomiędzy słowami. Będzie o tym mowa w dalszej części rozdziału.

Zakres pamięci bezpośredniej mierzony w tradycyjny sposób wzrasta regularnie wraz z wiekiem dzieci. Dwulatki odtwarzają tylko 2 liczby, trzylatki — 3 liczby, siedmiolatki — 5 liczb. W wieku 13 – 15 lat liczba odtwarzanych elementów wynosi już około 7 (Włodarski, 1998). Miara ta wykazuje również pozytywny związek z poziomem inteligencji, dlatego zarówno testy rozwojowe, jak i służące do diagnozy inteligencji często zawierają pomiar zakresu pamięci bezpośredniej.

Ograniczenie zakresu pamięci krótkotrwałej ma poważne konsekwencje dla poznawczego funkcjonowania człowieka. Od pojemności pamięci zależy to, o ilu rzeczach naraz potrafimy myśleć, ile informacji możemy utrzymywać w umyśle i brać pod uwagę podczas wykonywania zadań. Uwzględnia to model pamięci operacyjnej opisany w dalszej części rozdziału.

Zapominanie

Jak długo informacje są przechowywane w pamięci krótkotrwałej? Informują o tym wyniki eksperymentu przeprowadzonego przez Lloyda i Margaret Petersonów w 1959 roku według procedury podobnej do zastosowanej wcześniej przez Johna Browna (1958).

Zadanie dystrykcyjne (*distractor task*) — zadanie odrywające uwagę od materiału bodźcowego, utrudniające powtarzanie.

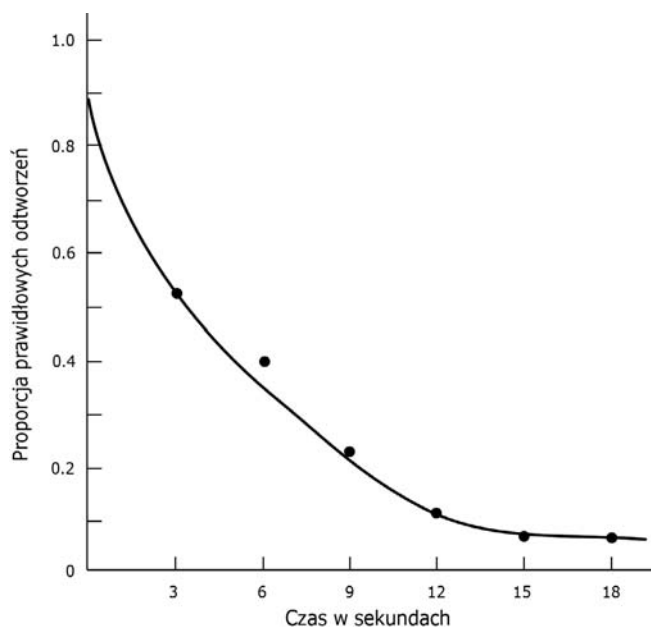
Osobom badanym czytano 3 spółgłoski (na przykład PHT) i po przerwie wynoszącej od 3 do 18 sekund proszono o reprodukcję. Żeby utrudnić powtarzanie, polecono im wykonywać w czasie przerwy **zadanie dystrykcyjne** (*distractor task*) polegające na głośnym liczeniu wstecz co 3 od podanej liczby trzycyfrowej. Bezpośrednio po usłyszeniu liter badani słyszeli liczbę trzycyfrową, powtarzali ją i zaczęli liczyć wstecz. Narzucono stałe tempo liczenia co sekundę. Po przerwie proszono o podanie liter (ramka 6.2).

Ramka 6.2.

Eksperyment L. i M. Petersonów (1959) — **zapominanie trzech liter podczas wykonywania zadania dystrykcyjnego**

Prezentacja liter	PHT
Głośne liczenie wstecz w ciągu 3 – 18 sekund	584, 581, 578...
Reprodukcja liter	...

Okazało się, że po 3 sekundach połowa badanych jeszcze potrafi odtworzyć trigram, ale gdy czas przedłuża się, to reprodukcja szybko spada i po 18 sekundach notuje się tylko około 10% prawidłowych odtworzeń (rysunek 6.3). Tak więc, jeśli odebrany materiał nie jest powtarzany, to już po upływie około 18 – 30 sekund zostaje zapomniany.



Rysunek 6.3. Odtwarzanie liter w zależności od czasu, jaki upłynął od prezentacji (za: Peterson i Peterson, 1959)

Eksperyment Petersonów wzbudził duże zainteresowanie z dwóch powodów. Po pierwsze, pokazywał zadziwiająco szybkie tempo zapominania materiału, który nie jest powtarzany. Po drugie, wspierał hipotezę, że w pamięci krótkotrwałej przyczyną zapominania jest rozpad śladu pamięciowego następujący wraz z upływem czasu. Dane te posłużyły do charakterystyki magazynu, który miał się różnić od pamięci długotrwałej nie tylko czasem przechowywania informacji, ale także mechanizmem zapominania. Sądzone bowiem, że w pamięci długotrwałej zapominanie jest powodowane przez interferencję. Ten drugi wniosek został jednak zakwestionowany przez Keppela i Underwooda (1962), którzy dowiedli, że w wykonywaniu zadania Petersonów występuje interferencja proaktywna. Do tego problemu wrócimy w rozdziale 9. poświęconym zapominaniu.

Wydobywanie informacji

Jak wiemy, wydobywanie informacji zmagazynowanych w pamięci krótkotrwałej nie jest trudne, ponieważ są one nieliczne i dostępne świadomości. Informację podajemy niemal natychmiast. Powstaje jednak pytanie, jak przebiega proces

Przeszukiwanie równoległe (*parallel search*) — proces, w którym liczne informacje zawarte w pamięci są dostępne równocześnie.

Przeszukiwanie seryjne (*serial search*) — proces, w którym informacje zawarte w pamięci są przeglądane kolejno, jedna po drugiej.

wydobywania, jeśli potrzebna jest jedna z informacji zawartych w pamięci. Czy mamy równoczesny dostęp do wszystkich informacji, czy też przeglądamy je po kolei, dopóki nie znajdziemy potrzebnej? Pytanie to jest rozpatrywane w literaturze jako problem **przeszukiwania równoległego** (*parallel search*) i **seryjnego** (*serial search*).

Problemem tym zajmował się Saul Sternberg (1966). Badani najpierw widzieli serię cyfr, których liczba nie przekraczała zakresu pamięci bezpośredniej. Po krótkiej przerwie pokazywano cyfrę testową i pytano, czy należy ona do prezentowanego zbioru. Badani odpowiadali twierdząco lub przecząco, naciskając odpowiedni przycisk. Proszono o możliwie szybkie decyzje i natychmiast podawano informację zwrotną o tym, czy odpowiedź była prawidłowa. W ten sposób starano się zapobiec zgadywaniu (ramka 6.3).

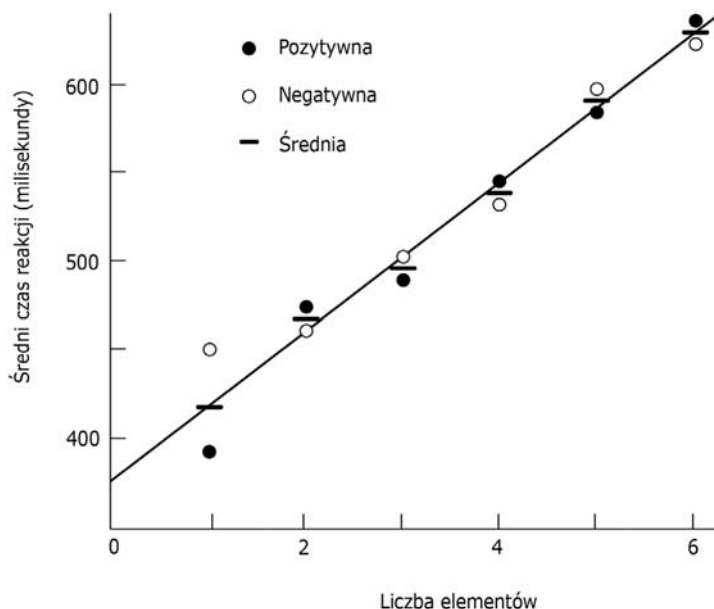
Ramka 6.3. Przykład zadania Sternberga

Seria cyfr:	6, 3, 7, 9, 2
Cyfra testowa:	9 (czy należy do prezentowanego zbioru?)
Odpowiedź:	tak

Zadanie to jest bardzo łatwe i badani z reguły podawali prawidłowe odpowiedzi. Dlatego przedmiotem analizy był czas reakcji, a nie liczba błędów. Jeśli cała zawartość pamięci krótkotrwałej jest równoległe porównywana z cyfrą testową, to długość serii nie powinna mieć znaczenia. Przy równoczesnym dostępie do wszystkich informacji czas reakcji powinien być taki sam dla zbioru składającego się z sześciu elementów, jak dla zbioru zawierającego tylko jeden element. Jeśli natomiast przeszukiwanie pamięci przebiega seryjnie, to czas reakcji powinien wzrastać wraz z liczbą elementów w zbiorze.

Sternberg zmieniał liczbę cyfr w serii od 1 do 6 i stwierdził, że średni czas reakcji wzrasta liniowo wraz z liczbą jednostek utrzymywanych w pamięci. Gdy seria wydłuża się o 1 element, to następuje przyrost czasu reakcji o 38 milisekund. Linearność i nachylenie krzywej (rysunek 6.4) świadczą więc o seryjnym procesie przeszukiwania pamięci. Tempo tego wewnętrznego procesu jest bardzo szybkie, wynosi od 25 do 30 elementów na sekundę.

Sternberga interesowało także to, czy seryjne przeszukiwanie pamięci kończy się w momencie, gdy znaleziony zostaje element potrzebny do podjęcia decyzji, czy też zawsze jest przeszukiwana cała seria. Sprawdzał, czy przeszukiwanie seryjne pamięci krótkotrwałej ma charakter wyczerpujący (*exhaustive*), czy samokończący się (*self-terminating*). W tym celu porównywał czasy reakcji przy odpowiedziach



Rysunek 6.4. Czas reakcji jako funkcja liczby elementów w zbiorze (za: Sternberg, 1966)

„tak” i „nie” (liczba obu kategorii odpowiedzi była taka sama). Jeśli w danym zbiorze nie ma poszukiwanego elementu, to odpowiedź negatywna jest możliwa dopiero po przejrzaniu całego zbioru. Natomiast przy odpowiedziach pozytywnych przeszukiwanie może zakończyć się w momencie dopasowania elementu lub może być prowadzone w sposób wyczerpujący, do końca zbioru, i dopiero wtedy zostaje podana odpowiedź. Inaczej mówiąc, gdyby przeszukiwanie pamięci miało charakter samokończący się, to czasy reakcji powinny być krótsze przy odpowiedziach „tak” niż przy odpowiedziach „nie”. Nachylenie krzywej odnoszącej się do odpowiedzi „tak” powinno być mniejsze niż w przypadku krzywej przedstawiającej odpowiedzi „nie”. Jeśli natomiast przeszukiwanie jest wyczerpujące, to nie powinno być różnic w czasach reakcji przy odpowiedziach pozytywnych i negatywnych.

Wynik uzyskany przez Sternberga jest dość zaskakujący — stwierdził on brak różnic w czasach reakcji przy odpowiedziach „tak” i „nie”. Świadczy to o przeszukiwaniu wyczerpującym. Taki sposób przeglądania pamięci jest niezgodny z intuicją. Po co przeszukiwać zbiór do końca, jeśli odpowiedź jest możliwa już po sprawdzeniu pierwszego elementu? Sternberg wyjaśnia to szybkim tempem procesu przeszukiwania w porównaniu z powolnymi operacjami podejmowania decyzji. Powołuje się też na analogię do funkcjonowania komputera. Gdybyśmy po każdym elemencie podejmowali decyzję, czy pasuje on do cyfry testowej, to proces przeglądania zbioru miałby długie przerwy. Przeszukiwanie wyczerpujące nie wymaga podejmowania decyzji po porównaniu każdej pary jednostek, jest prostsze i przebiega automatycznie.

Czy zatem przeszukiwanie pamięci krótkotrwałej ma zawsze charakter wyczerpujący? Czy nie może być zakończone wcześniej? Sternberg (1967, cyt. za: Gordon, 1989) znalazł taką sytuację. Tym razem zadanie dotyczyło miejsca jednostki

w serii. W kolejnym eksperymencie badani musieli podać cyfrę poprzedzającą wzorec w serii (na przykład w serii 5, 3, 8, 2 podać, jaka cyfra poprzedzała 8). W tej sytuacji wzór odpowiedzi był zgodny z hipotezą przeszukiwania samokończącego się: czas reakcji zależał od miejsca elementu w szeregu, nie zaś od długości całej serii. Tak więc, chociaż przeszukiwanie pamięci krótkotrwałej ma zawsze charakter seryjny, to podmiot może wybrać strategię wyczerpującą lub samokończącą się. Gdy trzeba odpowiedzieć, czy dany element występował w serii, wystarczy przeszukiwanie wyczerpujące. Nie daje ono jednak odpowiedzi na pytanie o miejsce jednostki w serii, dlatego w takim zadaniu lepsza jest strategia przeszukiwania samokończącego się.

Eksperymenty Sternberga okazały się inspirujące dla wielu badaczy. Ich prosta i elegancka metodologia zachęcała do badań replikacyjnych, zwłaszcza że interpretacje dotyczące seryjnego, wyczerpującego przeszukiwania pamięci wydawały się kontrowersyjne. W licznych eksperymentach z zastosowaniem paradygmatu Sternberga uzyskano potwierdzenie jego oryginalnych wyników. W badaniach przeprowadzanych na różnych populacjach (dzieci, osób w starszym wieku, upośledzonych czy mnemonistów skutecznie stosujących strategie pamięciowe) stwierdzano, że wprowadzanie tempo przeszukiwania pamięci jest zróżnicowane, ale wzór wyników jest stale taki sam i odpowiada procesowi seryjnemu, wyczerpującemu (Ashcraft, 1994). Znalezione jednak także zjawiska niezgodne z modelem Sternberga. Na przykład odpowiedzi są szczególnie szybkie, gdy dotyczą ostatniej jednostki w zbiorze (Corballis, Kirby i Miller, 1972), a także wtedy, gdy testowana jest jednostka, która w zbiorze występowała dwa razy (Baddeley i Ecob, 1973). A więc występuje zarówno efekt świeżości, jak i efekt powtarzania, co trudno wyjaśnić seryjnym, wyczerpującym przeszukiwaniem. Wyraźnie zaznacza się wpływ siły śladu pamięciowego na wykonywanie zadania Sternberga.

Paradygmat Sternberga nie przyniósł zadowalającej odpowiedzi na pytanie, jak przebiega przeszukiwanie pamięci krótkotrwałej. Trudno sobie wyobrazić, by cała wiedza mieszcząca się w pamięci była przeglądana seryjnie. Również w odniesieniu do pamięci krótkotrwałej bardziej efektywne wydawałoby się przetwarzanie równoległe. Próbowano zresztą w ten sposób interpretować wyniki Sternberga (Greene, 1992; Kurcz, 1992; Ashcraft, 1994). Wskazywano na przykład, że z powodu ograniczonych zasobów poznawczych umysłu czasy reakcji powinny się wydłużać, gdy wzrasta liczebność przeszukiwanego zbioru również przy procesie równoległym. Ograniczona pojemność umysłu musi być wtedy dzielona pomiędzy większą liczbę równoczesnych porównań, co obniża tempo tego procesu (Townsend, 1990).

Kody pamięci krótkotrwałej

Termin **kod pamięciowy** (*memory code*) oznacza formę, w jakiej informacja jest reprezentowana w pamięci. Podczas kodowania następuje wyróżnienie pewnych atrybutów zdarzenia i przekształcenie wejściowych danych w formę odpowiadającą systemowi pamięci (Jagodzińska, 1986). Według Bowera (1967) bodziec jest

reprezentowany w pamięci jako uporządkowana lista atrybutów z odpowiadającymi im wartościami. W modelach wielomagazynowych zakładano, że kodowanie przebiega w określonej kolejności wyznaczonej przez strukturę systemu pamięci. Każdy magazyn miał rejestrować informacje w specyficznym dla siebie kodzie. Na przykład słowo CZEKOLADA może być reprezentowane w pamięci w kodzie:

- akustycznym — gdy zarejestrowane jest brzmienie słowa, dźwięki, z jakich się składa;
- wizualnym — gdy zapis pamięciowy dotyczy wyglądu napisanego słowa, kształtu liter;
- semantycznym — gdy zarejestrowane jest znaczenie słowa, na przykład: „Czekolada jest moim ulubionym smakołykiem”.

Jak wynika z przykładu, to samo słowo może być zapisane w pamięci w różnych kodach. Chcąc określić rodzaj kodu, trzeba ustalić, ze względu na jakie cechy jest ono reprezentowane w pamięci.

Kod akustyczny. Przypuszczano, że w pamięci krótkotrwałej informacje werbalne są zarejestrowane przede wszystkim w kodzie akustycznym, ponieważ powtarzanie wiąże się z formą akustyczną lub fonemiczną. O kodowaniu akustycznym świadczą też błędy popełniane przez osoby badane podczas rozpoznawania i reprodukcji, polegające na myleniu podobnych dźwięków.

Najbardziej znany jest eksperyment R. Conrada (1964), składający się z dwóch części. W pierwszej prezentowano wizualnie szereg składający się z 6 liter, a następnie proszono o reprodukcję. W drugiej części inne osoby słyszały kolejno różne litery w warunkach szumu, a ich zadanie polegało na zapisywaniu zidentyfikowanych liter (ramka 6.4). Przebadano ponad 300 osób. Conrad sporządził tabele błędów popełnianych w identyfikacji słuchowej i w reprodukcji poszczególnych liter. Obie tabele okazały się bardzo podobne: na przykład podczas identyfikacji słuchowej litery B (bi:) najczęstszym błędem było podawanie, że jest to litera P (pi:); również po prezentacji wzrokowej litery B najczęstszym błędem było reprodukowanie litery P. Tak więc, jeśli badani popełniają błędy, to polegają one na odtwarzaniu liter brzmiących podobnie do liter bodźcowych. Oznacza to, że wizualne bodźce zostały przełożone na kody akustyczne.

Kod wizualny. Czy kod akustyczny jest jedynym występującym w pamięci krótkotrwałej? W tym miejscu trzeba przytoczyć eksperyment przeprowadzony przez M.I. Posnera (1969), dotyczący porównywania liter. Pokazywano najpierw jedną literę i po krótkiej przerwie następną. Zadanie polegało na możliwie szybkiej odpowiedzi, czy litery są takie same, czy różne. Stosowano trzy rodzaje par liter: litery o jednakowym brzmieniu i jednakowym kształcie (na przykład AA), litery o jednakowym brzmieniu, lecz odmiennym kształcie (na przykład Aa) oraz litery różniące się zarówno brzmieniem, jak i kształtem (na przykład AB). Mierzono czasy reakcji. Gdyby odpowiedź opierała się na kodzie akustycznym, to nie powinno być różnicy w czasach reakcji w sytuacji pierwszej i drugiej. A jednak różnica

Ramka 6.4.
Eksperyment Conrada (1964)

Błędy w reprodukcji widzianych liter mają charakter akustyczny, polegają na myleniu podobnych dźwięków:

Część I

Litery prezentowane wzrokowo	B	P	X
Błędy w reprodukcji	P	T	S

Część II

Litery prezentowane słuchowo	B	P	X
Błędy w reprodukcji	P	T	S

wystąpiła — przy porównywaniu liter o jednakowym brzmieniu i kształcie czas był istotnie krótszy niż przy porównywaniu liter o tym samym brzmieniu, lecz odmiennym kształcie (ramka 6.5). Badani uwzględniali nie tylko podobieństwo akustyczne, ale także wizualne. Według Posnera litery są najpierw reprezentowane w pamięci w kodzie wizualnym i porównywane są ich cechy wizualne. Jeśli takie porównanie nie wystarcza do rozwiązania zadania, następuje dalsze kodowanie akustyczne i porównywanie kodów akustycznych.

Ramka 6.5.
Eksperyment Posnera (1969)

Spośród różnych par liter najszybciej były oceniane pary o jednakowym brzmieniu i kształcie:

Jednakowe brzmienie i kształt	A	A
Jednakowe brzmienie, inny kształt	A	a
Inne brzmienie i kształt	A	B

Kod semantyczny. Jak wykazał G.H. Shulman (1972), w zadaniach odnoszących się do pamięci krótkotrwałej pojawiają się również błędy wskazujące na kodowanie semantyczne. Badanym pokazywano najpierw listę 10 słów, a następnie słowo kontrolne. Musieli ocenić, czy dane słowo odpowiada jakiemuś słowu z listy, przy czym odpowiedniość mogła oznaczać identyczność lub synonimie. Przed

każdą próbą uprzedzano, jaki rodzaj odpowiedniości należy uwzględnić. Okazało się, że badani często popełniają błędy, odpowiadając twierdząco w sytuacji, gdy słowo kontrolne jest synonimem słowa z listy, a polecenie porównania dotyczy identyczności. Dokonywali więc oceny na podstawie podobieństwa semantycznego, co oznacza, że kod semantyczny jest dostępny pamięci krótkotrwałej.

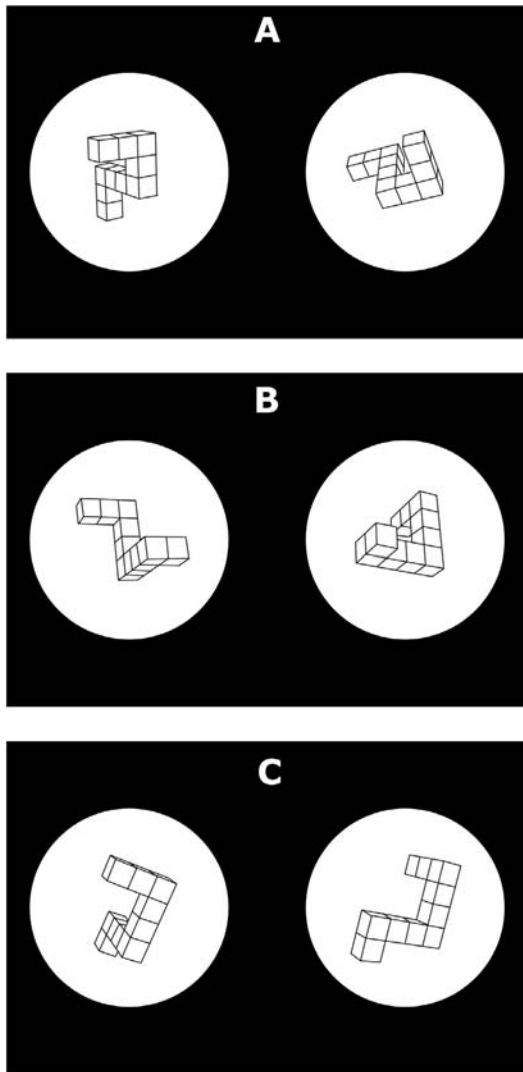
Z przytoczonych przykładów badań wynika, że pamięć krótkotrwała może magazynować treści werbalne nie tylko w kodzie akustycznym, ale także w wizualnym i semantycznym. Dzięki temu możliwe jest wykonywanie różnych operacji na materiale przechowywanym w tym magazynie.

Wizualny kod obrazów. Wiele dowodów na występowanie kodu wizualnego w pamięci krótkotrwałej pochodzi z badań, w których posługiwano się materiałem obrazowym.

Do najbardziej znanych należą eksperymenty J. Metzler i R.N. Sheparda (1982) dotyczące rotacji umysłowych. Badanym pokazywano parę rysunków i proszono o możliwie szybką odpowiedź, czy przedstawione na nich bryły są takie same, czy różne (rysunek 6.5). Zastosowano trzy rodzaje par: A) bryły identyczne, ale jedna z nich jest obrócona w planie obrazu o pewną liczbę stopni; B) bryły identyczne, ale jedna z nich jest obrócona w głębi o pewną liczbę stopni; C) różne bryły, przy czym jedna jest lustrzanym odbiciem drugiej i ponadto jest obrócona o pewną liczbę stopni.

Zadanie to można rozwiązać przynajmniej na dwa sposoby. Pierwszym jest analiza części i porównywanie odpowiednich fragmentów obu brył. Drugi sposób polega na wyobrażaniu sobie stopniowego obrotu jednej z brył aż do położenia odpowiadającego ułożeniu drugiej i następnie na porównaniu kształtów. Do tego potrzebne jest wizualne zakodowanie materiału w postaci wyobrażenia wzrokowego. Autorzy stwierdzili, że badani najczęściej posługują się tym właśnie sposobem. Okazało się, że czasy reakcji wzrastają w sposób liniowy odpowiednio do wzrostu różnicy kątowej pomiędzy położeniem obu brył (rysunek 6.6). Wyniki te sugerują, że przed podjęciem decyzji badani dokonują wyobraźniowej rotacji brył, doprowadzając je do zgodnego położenia. Potwierdziły to wypowiedzi osób badanych. Na podstawie bardzo regularnych wyników obliczono, że tempo rotacji umysłowej wynosi 55 – 60 stopni na sekundę.

W badaniach dotyczących operacji wykonywanych na obrazach przechowywanych w pamięci wykryto niezwykle ciekawe prawidłowości. Operacje przebiegają w sposób bardzo podobny do działań na rzeczywistych przedmiotach (Jagodzińska, 1991). Oznacza to, że obrazy są zakodowane w kodach wizualnych, którymi można manipulować podobnie jak przedmiotami fizycznymi: przesuwając je, obracając, dzielić na części albo łączyć pojedyncze elementy w jedną całość (Shepard i Feng, 1972; Shepard i Cooper, 1982).

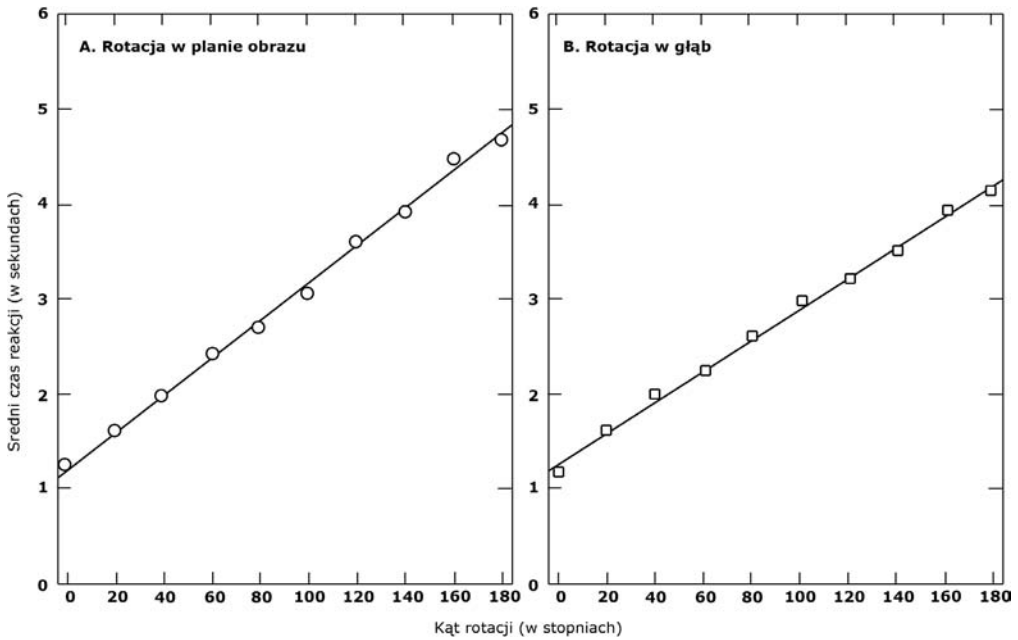


Rysunek 6.5. Rotacje umysłowe — materiał używany w eksperymentach Metzler i Sheparda (1982). A. Para rysunków, w której bryły różnią się rotacją w planie obrazu. B. Para rysunków, w której bryły różnią się rotacją w głąb. C. Para rysunków, w której bryły różnią się rotacją i jedna bryła jest lustrzanym odbiciem drugiej

Pamięć operacyjna

Pamięć a bieżąca aktywność poznawcza

W modelu wielomagazynowym pamięć krótkotrwała była traktowana jako rodzaj przedsionka pamięci długotrwałej. Informacje miały być tu powtarzane, a następnie przekazywane do magazynu długotrwałego. Dodatkową funkcją pamięci krótkotrwałej było podtrzymywanie informacji przez krótki czas po to, by można z nich było na bieżąco korzystać, na przykład wykreślić numer telefonu usłyszany przed



Rysunek 6.6. Wyniki eksperymentów Metzler i Sheparda — czas reakcji w zadaniu porównywania brył jako funkcja różnicy kątowej pomiędzy położeniem obu brył (za: Metzler i Shepard, 1982, s. 36)



Każdy z kontrolerów ruchu lotniczego odpowiada za bezpieczny przebieg lotu kilku samolotów. Ich praca wymaga sprawnego funkcjonowania pamięci operacyjnej.

chwilą. Z czasem ta druga funkcja zaczęła budzić większe zainteresowanie, a pamięć krótkotrwałą zaczęto traktować jako pamięć operacyjną, inaczej roboczą (*working memory*, WM), służącą bieżącej aktywności poznawczej.

Zadania poznawcze zawierają ciągi operacji składowych i żeby je dobrze wykonywać, musimy pamiętać wyniki poszczególnych operacji. Czytając tekst, pamiętamy ostatnie słowa, a także sens poprzednich zdań. Wykonując obliczenia arytmetyczne, korzystamy z wyników częściowych operacji. Podczas wykonywania zadań niezbędne jest utrzymywanie w pamięci informacji, które są materiałem w operacjach poznawczych. Informacje te pochodzą z wejścia sensorycznego, z zasobów pamięci długotrwałej, a także z produktów wcześniejszych operacji poznawczych. Bieżąca aktywność wymaga również utrzymywania w pamięci celu i planu działania. Wszystkie wymienione funkcje są przypisywane pamięci operacyjnej.

Badania metodą podwójnego zadania



Alan D. Baddeley

Alan Baddeley i Graham Hitch (1974) zainteresowali się tym, jaką rolę odgrywa pamięć krótkotrwałą w aktywności poznawczej: w rozumowaniu, rozumieniu języka i uczeniu się listy słów. W swoich eksperymentach posłużyli się **metodą podwójnego zadania** (*dual task method*). Od osób badanych wymagano, żeby wykonywały zadanie podstawowe, na przykład dotyczące rozumowania, przy jednoczesnym obciążeniu pamięci drugim zadaniem polegającym na powtarzaniu szeregu cyfr. Skoro pamięć krótkotrwałą ma

Metoda podwójnego zadania

(*dual task method*)

— metoda badania pamięci operacyjnej; wymaga wykonywania zadania poznawczego (na przykład rozumowania) przy jednoczesnym obciążeniu pamięci innym zadaniem (na przykład przechowywaniem szeregu cyfr).

ograniczoną pojemność, to należało się spodziewać, że wykonywanie zadania podstawowego będzie w tych warunkach silnie zaburzone.

Zadanie dotyczące rozumowania werbalnego polegało na ocenie prawdziwości zdań opisujących kolejność dwóch liter. Badani widzieli najpierw zdanie (na przykład: „A następuje po B”), następnie podawano dwie litery (na przykład „AB”) i trzeba było możliwie szybko nacisnąć przycisk „prawda” lub „fałsz” (w tym przypadku „fałsz”). Zdania były podawane w formie czynnej lub biernej, twierdzącej lub przeczącej, zawierały czasownik „następuje” lub „poprzedza”. Drugie zadanie wykonywane równocześnie polegało na głośnym powtarzaniu szeregu cyfr (ramka 6.6). Manipulowano obciążeniem pamięci krótkotrwałej, stosując szeregi od 0 cyfr (czyli brak zadania) do 8. Maksymalny szereg wykorzystywał pełny zakres pamięci krótkotrwałej.

Ramka 6.6.
Przykład podwójnego zadania w eksperymentach Baddeleya i Hitcha (1974)

- powtarzanie szeregu cyfr: 8 3 1 9 4 7,
- rozumowanie werbalne: „Po B nie następuje A”, „AB”, „prawda”.

Wbrew oczekiwaniom okazało się, że badani nieźle sobie radzą z podwójnym zadaniem. Gdy powtarzany szereg składał się tylko z dwóch cyfr, nie odnotowano żadnego wpływu na rozumowanie. Wraz ze wzrostem obciążenia pamięci zmniejszało się tempo rozumowania, ale liczba błędów utrzymywała się na stałym, niskim poziomie (około 5%). Nawet przy maksymalnym obciążeniu 8 cyframi zakłócenie rozumowania wyrażało się jedynie wzrostem potrzebnego czasu o 35%.

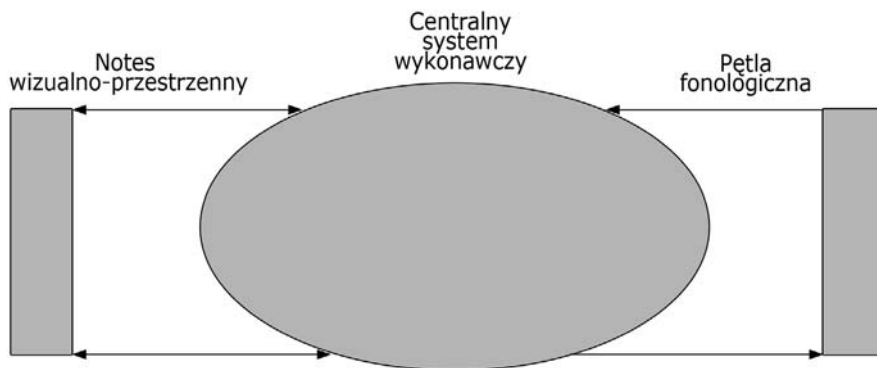
Podobny układ wyników Baddeley i Hitch stwierdzili w innych zadaniach poznawczych. Przy obciążeniu pamięci cyframi wykonywanie zadania pogarszało się, co świadczy o ograniczonej pojemności pamięci operacyjnej. Jednak nawet wtedy, gdy liczba powtarzanych cyfr była bliska pełnego zakresu pamięci, badani potrafili wykonywać zadanie wymagające rozumowania, rozumienia tekstu lub uczenia się listy słów. Do najbardziej spektakularnych należy stwierdzenie, że w swobodnej reprodukcji listy słów wystąpił efekt świeżości mimo równoczesnego obciążenia pamięci 6 cyframi. Stąd przypuszczenie, że efekt świeżości i zakres pamięci nie odnoszą się do tego samego systemu.

Wyniki uzyskane przez Baddeleya i Hitcha pokazują, że pamięć operacyjna może działać także wtedy, gdy jest silnie obciążona powtarzaniem. Nie jest to zgodne z prostym modelem pamięci krótkotrwałej, która pełni zarazem funkcje pamięci operacyjnej.

Model pamięci operacyjnej Baddeleya

Na podstawie serii badań z zastosowaniem metody podwójnego zadania Baddeley i Hitch (1974) doszli do wniosku, że pamięć operacyjna nie może być pojedynczym magazynem o ograniczonej pojemności. Musi zawierać kilka systemów, które wzajemnie siebie wspierają i pracują częściowo niezależnie od siebie. Wtedy przeładowanie jednego systemu nie prowadziłoby do zaburzenia pracy całej struktury. Zaproponowali model, w którym pamięć operacyjna ma złożoną strukturę.

Model Baddeleya i Hitcha (1974) wyróżnia centralny system wykonawczy oraz dwa podporządkowane mu systemy służebne (autorzy nazywają je systemami niewolniczymi, *slave systems*): pętlę artykulacyjną (określaną też jako pętla fonologiczna) i notes wizualno-przestrzenny (rysunek 6.7). System centralny może



Rysunek 6.7. Model pamięci operacyjnej Baddeleya i Hitcha

Centralny system wykonawczy (*central executive*) — w modelu pamięci operacyjnej Baddeleya system, który kieruje uwagą i zasobami poznawczymi, koordynuje i nadzoruje pozostałe systemy.

Pętla artykulacyjna, fonologiczna (*articulatory, phonological loop*) — w modelu pamięci operacyjnej Baddeleya system podtrzymujący informację akustyczną i odświeżający ślady pamięciowe przez bezgłośnie powtarzanie.

Notes wizualno-przestrzenny (*visuo-spatial sketch pad*) — w modelu pamięci operacyjnej Baddeleya system, który podtrzymuje informację wizualną i wykonuje operacje przestrzenne.

zajmować się bardziej wymagającymi zadaniami poznawczymi dzięki temu, że odciążają go systemy podporządkowane, magazynujące informacje i wykonujące na nich różne operacje.

Centralny system wykonawczy (*central executive*) pełni funkcje nadrzędne i kontrolne w stosunku do pozostałych systemów: kieruje uwagą i zasobami poznawczymi, nadzoruje pracę pozostałych systemów, podejmuje decyzje, wykonuje operacje umysłowe na małej liczbie jednostek. **Pętla artykulacyjna** lub **fonologiczna** (*articulatory, phonological loop*) manipuluje informacją opartą na mowie. Jej funkcją jest utrzymywanie informacji akustycznej i bezgłośnie powtarzanie. Informacje są w niej przechowywane do 2 sekund. **Notes wizualno-przestrzenny** (*visuo-spatial sketch pad*) manipuluje wyobrażeniami wzrokowymi i przestrzennymi. Jego funkcja polega na utrzymywaniu informacji wizualnych i przestrzennych oraz przeprowadzaniu na nich operacji.

Jeśli systemy służebne nie są bardzo obciążone, to mogą pracować, nie zakłócając działania centralnego systemu wykonawczego. Tak na przykład, kiedy trzeba było powtarzać tylko dwie cyfry, rozumowanie werbalne przebiegało bez zakłóceń w normalnym tempie. Spowolnienie tempa wystąpiło dopiero przy dużym obciążeniu pętli artykulacyjnej, gdy trzeba było powtarzać 6 cyfr. Zdaniem autorów obciążony system czerpie z zasobów centralnego systemu wykonawczego, którego praca staje się z tego powodu wolniejsza albo mniej dokładna.

Według Baddeleya (1994 a) pamięć operacyjna jest obszarem wzajemnego oddziaływania pamięci i różnych aspektów poznania, stanowi *interface* pomiędzy pamięcią a procesami poznawczymi. Pamięć operacyjna pozwala przechowywać różne rodzaje informacji w krótkim czasie, bierze udział w przeprowadzaniu operacji poznawczych, ma złożone związki z systemem pamięci długotrwałej.

Model Baddeleya i Hitcha był weryfikowany i rozwijany przez zespół badaczy pracujących pod kierunkiem Baddeleya. Wyjaśnia on wiele prawidłowości związanych z funkcjonowaniem pamięci krótkotrwałej, ale dla niektórych zjawisk trudno znaleźć w nim miejsce. W 2000 roku Baddeley zaproponował nowy skła-

składnik pamięci epizodycznej — **bufor epizodyczny** (*episodic buffer*). W następnych podrozdziałach przyjrzymy się dokładniej podsystemom pamięci operacyjnej.

Pętla fonologiczna

Pętla fonologiczna najbardziej odpowiada temu, co wcześniej określano jako magazyn pamięci krótkotrwałej (Baddeley, 2000 a). W tym modelu stanowi ona jednak tylko jeden z podsystemów pamięci operacyjnej.

W rozdziale 5. przedstawiliśmy przypadek pacjenta K.F., który miał bardzo mały zakres pamięci bezpośredniej, odtwarzał tylko 2 cyfry, a mimo to skutecznie uczył się nowego materiału, przechowując go w pamięci długotrwałej. W ujęciu wielomagazynowym nie można było tego wytłumaczyć, ponieważ zakładano, że dostęp do pamięci długotrwałej jest możliwy dopiero po opracowaniu informacji w magazynie krótkotrwałym. Model pamięci operacyjnej pozwala zrozumieć ten typ zaburzenia jako skutek uszkodzenia pętli fonologicznej, która jest tylko jednym z systemów pamięci operacyjnej. Pacjent mógł wykonywać zadania poznawcze, takie jak uczenie się par skojarzeń, dzięki temu, że dobrze funkcjonował jego centralny system wykonawczy.

Baddeley (1992, 1994 a) wyróżnia w pętli fonologicznej dwa składniki. Jednym z nich jest magazyn przechowujący ślad pamięciowy w formie akustycznej lub fonologicznej. Ślad rozpada się w ciągu mniej więcej 2 sekund, o ile nie jest odświeżany w procesie bezgłośnego powtarzania. Proces powtarzania jest drugim składnikiem pętli artykulacyjnej. Podtrzymuje on ślad pamięciowy, a także — dzięki bezgłośnej artykulacji — doprowadza do zarejestrowania w pętli fonologicznej materiału słownego odebranego wizualnie. Słowa prezentowane słuchowo mają automatyczny dostęp do magazynu fonologicznego. Na podstawie badań metodami PET i fMRI Baddeley (2000 a) sądzi, że magazyn fonologiczny jest zlokalizowany w rejonie szczeliny Sylwiusza w lewej półkuli, a proces powtarzania jest związany z obszarem Broca (pola Brodmanna 40 i 44, za: Baddeley, 2000 b).

Efekt długości słowa. Odwołując się do działania pętli artykulacyjnej, można wyjaśnić wpływ różnych czynników na zakres pamięci bezpośredniej. We wcześniejszym podrozdziale przedstawiliśmy magiczną liczbę Millera 7 ± 2 , która określa zakres pamięci bezpośredniej i zarazem pojemność pamięci krótkotrwałej. Wyjaśnialiśmy, że odnosi się ona do sensownych porcji informacji, które mogą mieć różny charakter: od pojedynczych liter do całych fraz. Jednak na zakres pamięci wpływa nie tylko sensowność, ale także inne cechy materiału słownego. Do najciekawszych należy **efekt długości słowa** (*word length effect*) opisany przez Baddeleya, Thomsona i Buchanan (1975). W tabeli 6.1 został przedstawiony przykład występowania tego efektu — zakres pamięci bezpośredniej cyfr zależy od języka, w którym są wymawiane.

W teście inteligencji Wechslera jedna ze skal mierzy zakres pamięci bezpośredniej cyfr. Zauważono, że dzieci posługujące się językiem walijskim uzyskują w tej skali z reguły niższe wyniki niż dzieci używające języka angielskiego. Czyżby

Bufor epizodyczny (*episodic buffer*)

— w modelu pamięci operacyjnej Baddeleya tymczasowy magazyn zintegrowanych informacji o epizodach.

Efekt długości słowa (*word length effect*) — zakres pamięci bezpośredniej zależy od długości słów: jest większy dla słów wymawianych krótko niż dla wymawianych długo.

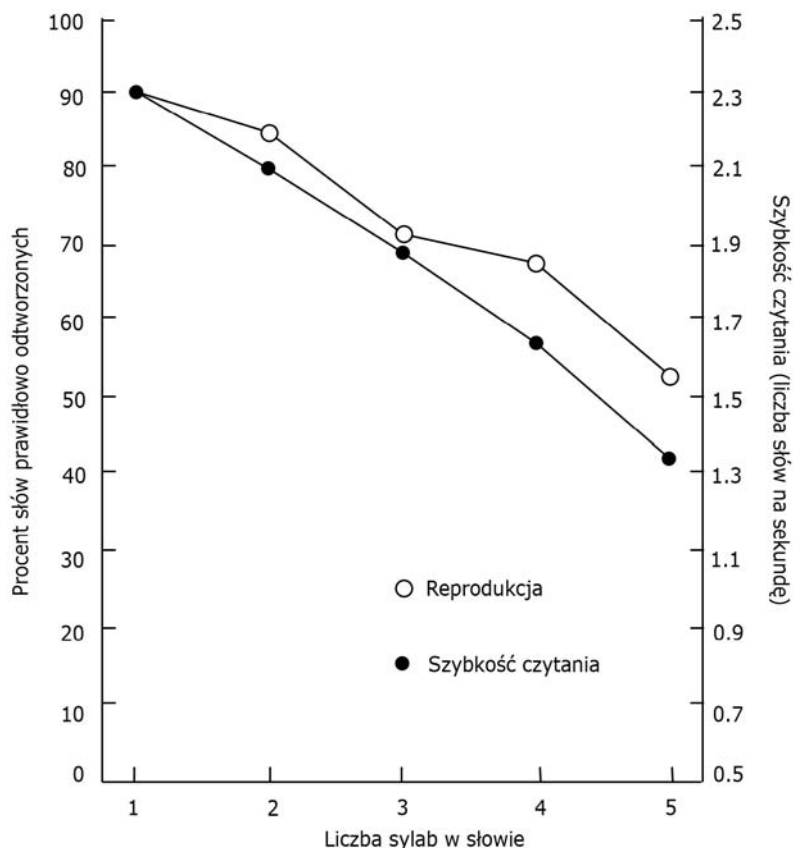
Tabela 6.1. Zależność zakresu pamięci cyfr od języka, w którym są wymawiane

Język	Zakres pamięci	Czas artykulacji jednej cyfry
Walijski	5,8	385 milisekund
Angielski	6,6	321 milisekund
Chiński	9,9	265 milisekund

Walijszczyki mieli gorszą pamięć niż Anglicy? Ellis i Hennelly (1980) chcieli wyjaśnić przyczynę tej zaskakującej prawidłowości. Zbadali studentów dwujęzycznych, którzy posługiwali się obydwojma językami, ale preferowali walijski. Okazało się, że uzyskiwali oni gorsze wyniki, gdy pomiaru dokonywano, stosując walijskie nazwy cyfr, niż w przypadku nazw angielskich. A więc przyczyna różnicy tkwi w języku — walijskie nazwy cyfr są w wymowie dłuższe niż nazwy angielskie, mimo że mają tę samą liczbę sylab (patrz: tabela 6.1). Prawidłowość ta potwierdza się również w innych językach. Rekordzistami, jeśli chodzi o zakres pamięci cyfr, są Chińczycy, a czas artykulacji jednej cyfry jest w języku chińskim najkrótszy (Hoosain, 1982, za: Baddeley, 1997). Chincotta i Underwood (1997) badali międzyjęzykowe różnice dotyczące zakresu pamięci cyfr u studentów różnych narodowości. Stwierdzili, że Chińczycy uzyskują istotnie wyższe wyniki niż Europejczycy, dla których językami ojczystymi są: angielski, fiński, grecki, hiszpański lub szwedzki. Między tymi pięcioma językami nie było znaczących różnic w odniesieniu do zakresu pamięci cyfr.

Więcej danych na temat efektu długości słowa pochodzi z badań przeprowadzonych przez Baddeleya, Thomsona i Buchanan (1975). Wykazali oni, że łatwiej jest zapamiętać sekwencję słów jednosylabowych (na przykład las, sok, kot, nos, rak) niż taką samą liczbę słów wielosylabowych (na przykład uniwersytet, dinozaur, katastrofa, lokomotywa, konstytucja). Krytycznym czynnikiem jest jednak czas artykulacji słowa, a nie liczba sylab. Okazało się bowiem, że zakres pamięci jest mniejszy dla słów zawierających długie samogłoski i wymawianych wolno (na przykład *harpoon*, *Friday*) niż dla słów o tej samej liczbie sylab i fonemów, które mają krótkie samogłoski i są wymawiane szybko (na przykład *bishop*, *wicket*). Istnieje też związek pomiędzy tempem czytania sekwencji słów a reprodukcją. Zależności te są przedstawione na rysunku 6.8. Stwierdzono również korelację pomiędzy indywidualnym tempem czytania a zakresem pamięci: osoby, które szybciej czytają, osiągają wyższe wyniki w pomiarze zakresu pamięci.

Skąd się bierze efekt długości słowa? Wyjaśnienie można znaleźć w modelu pamięci operacyjnej, a dokładniej w ograniczeniach czasowych związanych z pętlą fonologiczną (Baddeley, 1997). Czas artykulacji poszczególnych jednostek wpływa na tempo ukrytego powtarzania dokonywanego się w pętli artykulacyjnej. Szybka artykulacja umożliwia odświeżenie większej liczby śladów, zanim nastąpi ich rozpad, a w konsekwencji prowadzi do zwiększenia zakresu pamięci.



Rysunek 6.8. Zależność pomiędzy długością słowa (liczbą sylab), szybkością czytania i reprodukcją (za: Baddeley, Thomson i Buchanan, 1975, s. 583)

Efekt stłumienia artykulacji. Skoro zakres pamięci bezpośredniej zależy od ukrytego powtarzania dokonującego się w pętli artykulacyjnej, to warto sprawdzić, co się stanie, gdy uniemożliwimy osobie badanej powtarzanie. Czy będzie to miało wpływ na zakres pamięci? Baddeley i jego współpracownicy stosowali tzw. supresję artykulacyjną (*articulatory suppression*), czyli **stłumienie artykulacji**. Polegało to na tym, że podczas odbioru materiału słownego badany musiał stale wymawiać jakieś nieistotne słowo, na przykład *the, the, the...* lub *la, la, la...* W takiej sytuacji niemożliwa była bezgłówna artykulacja w pętli fonologicznej.

Okazało się, że stłumienie artykulacji obniża zakres pamięci bezpośredniej, a także eliminuje efekt długości słowa (Baddeley, Lewis i Vallar, 1984; cyt za: Baddeley, 1997). Jest to jeszcze jedno potwierdzenie tego, że efekt długości słowa zależy od tempa bezgłosnego powtarzania. Podobne wyniki uzyskali badacze, którzy porównywali zakres pamięci w zależności od języka — stłumienie artykulacji sprawiło, że różnice pomiędzy językami nie występowały (Ellis i Hennelly, 1980; Chincotta i Underwood, 1997).

Stłumienie artykulacji (*articulatory suppression*) — uniemożliwienie bezgłosnego wymawiania zapamiętywanych słów; występuje, gdy podczas odbioru materiału badany musi stale wymawiać jakieś nieistotne słowo (na przykład *la, la, la*).

Od czego zależy zakres pamięci bezpośredniej? Badania Baddeleya i jego współpracowników pokazały, że zakres pamięci materiału słownego jest wyznaczony przez dwa czynniki: 1) czas rozpadu śladu pamięciowego w magazynie fonologicznym, który wynosi około 2 sekund i 2) czas potrzebny na odświeżenie śladu przez bezgłosną artykulację. Baddeley, Thomson i Buchanan (1975) proponują wobec tego przededefiniowanie pojemności pamięci: należy ją określać nie ze względu na liczbę przechowywanych elementów lub porcji informacji, lecz ze względu na czas. W tym ujęciu zakres pamięci odpowiada liczbie jednostek dowolnej długości, które mogą być wymówione w ciągu około 2 sekund.

A co z magiczną siódmką? Niewątpliwie liczba porcji informacji także odgrywa rolę. Zhang i Simon (1985) posłużyli się w badaniach ideogramami chińskimi jako porcjami informacji. Zastosowali trzy rodzaje ideogramów różniące się długością artykulacji: nazwy jednosylabowe, słowa dwusylabowe i idiomy czterosylabowe. Stwierdzili, że zakres pamięci zależy zarówno od długości wymawianych jednostek mierzonej liczbą sylab, jak i od liczby porcji informacji. Średnia liczba odtwarzanych jednostek zmniejszała się wraz z ich długością i wynosiła odpowiednio: 6,6 dla nazw jednosylabowych; 4,6 dla dwusylabowych i 3,0 dla idiomów czterosylabowych. Trzeba jednak zauważyć, że duże porcje informacji pozwoliły zapamiętać więcej sylab niż małe porcje. W przypadku największych porcji, którymi były idiomy, zakres pamięci obejmował 12 sylab, a w przypadku najmniejszych tylko 6,6 (średnich 9,2).

Baddeley (1994 b) uważa, że liczba porcji informacji, które można utrzymywać w pamięci jest częściowo ograniczona pojemnością centralnego systemu wykonawczego. Porcje można tworzyć na różne sposoby, wykorzystując zarówno właściwości prozodyczne materiału słownego (akcent, pauzy itp.), jak i znaczeniowe. Porcjowanie jest istotną, ale nie jedyną zmienną wpływającą na zakres pamięci. Z badań prowadzonych pod kierunkiem Baddeleya (2000 a) wynika, że zakres pamięci werbalnej zależy w dużym stopniu od czynników fonologicznych (podobieństwa fonologicznego słów, długości słów), ale także jest w pewnym stopniu wrażliwy na podobieństwo wizualne słów. Podlega też wpływowi czynników semantycznych i lingwistycznych, gdy przechowywane są zdania.

Do czego służy pętla artykulacyjna? Jej funkcje znacznie wykraczają poza obsługę bezpośredniego odtwarzania szeregów słów lub cyfr. Pętla artykulacyjna jest zaangażowana w różne zadania z użyciem materiału słownego. Świadczy o tym choćby fakt, że język, w którym są nazywane cyfry, wpływa nie tylko na zakres pamięci, ale także na tempo obliczeń arytmetycznych. Wykonując zadanie arytmetyczne „w myśli”, musimy pamiętać liczby i wyniki częściowych obliczeń (sprawdźcie to na przykładzie: $58 \times 45 =$). Studenci dwujęzyczni wolniej dokonują obliczeń i popełniają więcej błędów, gdy posługują się językiem walijskim niż w przypadku użycia języka angielskiego (Ellis i Hennelly, 1980). Wynika to z udziału pętli artykulacyjnej z jej charakterystycznymi ograniczeniami. Inny przykład: Chińczycy szybciej recytują tabliczkę mnożenia (i wykonują oparte na niej obliczenia) niż Amerykanie.

Jedną z głównych funkcji pętli artykulacyjnej jest udział w rozumieniu języka. Zwłaszcza gdy tekst zawiera skomplikowane lub niejasne zdania, pętla jest pomocna w podtrzymywaniu informacji o kolejności słów i dzięki temu ułatwia zrozumienie. Można znaleźć także inne zadania, w które musi być zaangażowana pętla artykulacyjna. Posłuchajcie kiedyś konferencji prasowej z udziałem gości zagranicznych i spróbujcie przeanalizować pracę tłumacza dokonującego natychmiastowego przekładu tekstu mówionego. Słuchając dwóch, trzech często zawitych zdań musi on w tym samym czasie tłumaczyć w myśli, śledzić dalszy tok wypowiedzi i utrzymywać w pamięci to, co już przetłumaczył, aż do momentu, gdy mówca zrobi przerwę i odda mu głos, a także jeszcze podczas własnej wypowiedzi. Bez systemu typu pętli artykulacyjnej byłoby to chyba niewykonalne.

Zdaniem Baddeleya pętla fonologiczna kształtuje się wraz z rozwojem mowy: procesy zaangażowane w percepcję mowy dają podstawy magazynowi fonologicznemu, a procesy związane z produkcją mowy — powtarzaniu artykulacyjnemu. Stwierdzono udział pętli fonologicznej w przyswajaniu przez dzieci słownika (Gathercole i Baddeley, 1989), a także w nauce czytania (Jorm, 1983; Johnston, 1993; De Jong, 1998). Podobnie jest u dorosłych, którzy uczą się języka obcego.

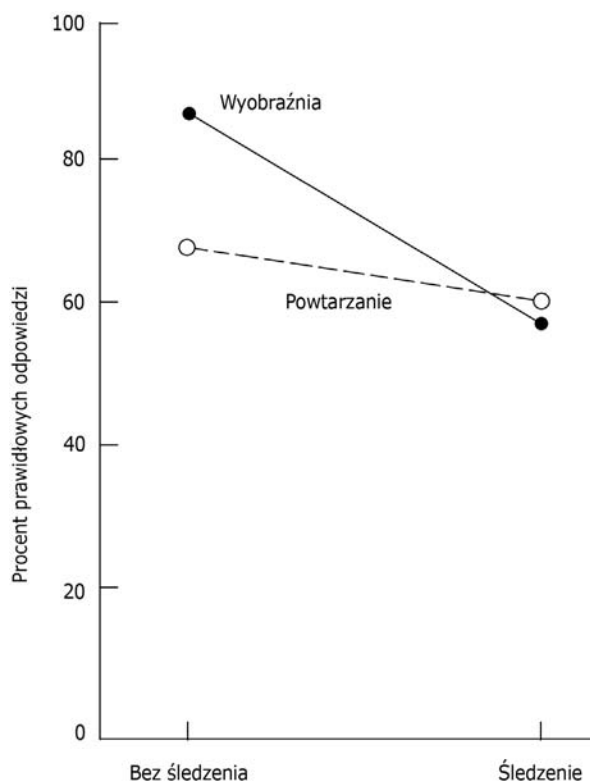
Notes wizualno-przestrzenne

Charakteryzując notes wizualno-przestrzenne, Baddeley (1998) powołuje się na własne następujące doświadczenie: Jadąc autostradą, słuchał z dużym zainteresowaniem transmisji z meczu futbolu amerykańskiego i wyobrażał sobie jego przebieg zgodnie z relacją spikera. Po chwili zauważył, że samochód jedzie zygzakiem. Wyobrażanie sobie tego, co dzieje się na boisku, utrudniało mu prowadzenie samochodu do tego stopnia, że musiał przełączyć radio na stację muzyczną. Baddeley odniósł to doświadczenie do funkcjonowania pamięci operacyjnej i jej ograniczeń. Wyobrażanie sobie przebiegu meczu i prowadzenie samochodu to dwa zadania angażujące podsystem wizualno-przestrzenne. Okazało się, że trudno wykonywać je jednocześnie.

Żeby zbadać ten problem dokładniej, Baddeley posłużył się procedurą podwójnego zadania w warunkach laboratoryjnych. Jedno zadanie wymagało od badanych, by śledzili na ekranie punkt świetlny poruszający się po okręgu i utrzymywali na nim strzałkę wskaźnika. Jednocześnie wykonywali drugie zadanie, zapożyczone z badań Lee Brooksa: wyobrażali sobie duże, drukowane litery i opisywali ich kształt. Okazało się, że śledzenie światełka ma wpływ zakłócający na zadanie wymagające wyobraźni wzrokowej (Baddeley, Grant, Wight i Thomson, 1975, cyt. za: Baddeley, 1997). Oznacza to, że oba zadania odnoszą się do tego samego składnika pamięci operacyjnej. Śledzenie światełka nie przeszkadzało natomiast w wykonywaniu zadania werbalnego, co jest potwierdzeniem odrębności zaangażowanych podsystemów pamięci.

Inna sytuacja, w której wykorzystywany jest notes wizualno-przestrzenne, to stosowanie mnemotechniki opartej na wyobraźni, na przykład metody miejsc

wspomnianej w rozdziale 2. Metoda ta jest bardzo pomocna w uczeniu się materiału werbalnego, na przykład listy słów. Studenci najpierw nauczyli się posługiwać tą metodą, wykorzystując charakterystyczne miejsca wzdłuż drogi prowadzącej przez kampus uniwersytecki, na przykład bramę, wejście do baru itp. W tych miejscach należało ustawiać wyobrażenia zapamiętywanych przedmiotów. Dzięki metodzie miejsc znacznie lepiej zapamiętywali listę słów, niż ucząc się przez mechaniczne powtarzanie. Kiedy jednak wprowadzono drugie zadanie, polegające na śledzeniu światelka (procedura podwójnego zadania), metoda miejsc przestała przynosić korzyści (Baddeley, Grant, Wight i Thomson, 1975, cyt. za: Baddeley, 1997, 1998). Wyniki te są przedstawione na rysunku 6.9.



Rysunek 6.9. Wpływ drugiego zadania (śledzenie światelka) na uczenie się listy słów przy użyciu strategii wyobrażeniowej lub przez mechaniczne powtarzanie (za: Baddeley, 1977, s. 78)

Wyobrażenia zawiera dwa trudne do rozdzielenia składniki: wizualny i przestrzenny. W późniejszej wersji modelu (Baddeley i Logie, 1999) zostały one określone jako bierny magazyn wizualny (*visual cache*), który przechowuje wzrokowe cechy przedmiotów i scen, oraz aktywny system przestrzenny, nazywany „wewnętrznym skrybą” (*inner scribe*), odpowiedzialny za planowanie i kontrolowanie ruchu. W większości zadań występują one łącznie. Za ich odrębnością przemawia jednak układ zaburzeń obserwowanych po uszkodzeniach mózgu (Baddeley, 1998). Niektórzy pacjenci rozpoznają przedmioty, ale ogromną trudność sprawia im sięganie po określony przedmiot, co wymaga zlokalizowania go w przestrzeni.

Inni natomiast dobrze wykonują zadania przestrzenne, ale nie potrafią ocenić wizualnych aspektów przedmiotów, na przykład barw, wielkości, kształtu. Na odrębność tych dwóch składników wskazują również wyniki badań rozwojowych dotyczących wykonywania statycznych i dynamicznych wersji zadań wizualno-przestrzennych (Pickering, Gathercole, Hall i Lloyd, 2001). Z badań metodami obrazowania czynnościowego mózgu wynika, że podczas zadań wymagających tworzenia wyobrażeń wzrokowych aktywizują się rejony potyliczno-skroniowe i niższe przedczołowe, natomiast składniki przestrzenne zadania wywołują aktywność rejonów potyliczno-ciemieniowych i wyższych przedczołowych (Nyberg i Cabeza, 2000). Baddeley (2000 b) lokalizuje notes wizualno-przestrzenny w prawej półkuli w polach Brodmanna: 6, 19, 40 i 47.

Ogólnie notes wizualno-przestrzenny należy do słabo poznanych składników pamięci operacyjnej. W jego opisie Baddeley korzysta z wyników różnych badań dotyczących wyobraźni wzrokowej i przestrzennej uzyskanych przez innych autorów (m.in. z przedstawionych wcześniej badań nad rotacją umysłową). Z pewnością system ten odgrywa ważną rolę w pracy architekta, inżyniera, w zawodach technicznych wymagających wyobraźni wzrokowej i przestrzennej.

Centralny system wykonawczy

Centralny system wykonawczy jest najważniejszym składnikiem pamięci operacyjnej, koordynującym pracę systemów służebnych: nadzoruje systemy podporządkowane, współdziała z pamięcią długotrwałą, jest odpowiedzialny za selekcję i integrację informacji pochodzących z różnych źródeł, także z systemów służebnych. Jego główne funkcje wiążą się z procesami uwagi.

Baddeley (1992, 1994 a) przyznaje, że początkowo utożsamiał centralny system wykonawczy z systemem kontroli uwagi rozumianym zgodnie z modelem SAS (*supervisory attentional system*), proponowanym przez Normana i Shallice'a (1980). W tym modelu zakładano, że bieżąca aktywność jest kontrolowana na dwa sposoby: 1) przez półautomatyczne procesy realizujące schematy dobrze wyuczonych zachowań (takich jak chodzenie, prowadzenie samochodu, mówienie) i 2) przez nadzorujący system uwagi (SAS), który włącza się, gdy zadanie jest nowe albo gdy trzeba powstrzymać działania nawykowe ze względu na zmianę sytuacji, niebezpieczeństwo itp. Tak więc system uwagi odpowiada za koncentrację na celu działania, planowanie, kontrolowanie efektów bieżącej aktywności i zmianę strategii działania. System ten ma ograniczoną pojemność, tzn. nie może kontrolować jednocześnie wielu zadań.

W badaniach zespołu Baddeleya posługiwano się techniką podwójnego zadania. Jako zadanie angażujące centralny system wykonawczy wybrano generowanie liter w przypadkowej kolejności. Zadanie to wymaga przewyciężenia nawykowej tendencji do podawania liter zgodnie z układem alfabetu lub powtarzania tych samych liter, dlatego musi być kontrolowane przez system centralny. Drugie zadanie było skierowane albo do systemu służebnego (na przykład tłumienie artykulacji przez

powtarzanie *bla, bla, bla*), albo również do systemu centralnego. Okazało się, że generowanie przypadkowych liter pogarsza się, gdy w tym samym czasie trzeba sortować karty według określonej zasady. Świadczy to o ograniczonej pojemności systemu (Baddeley, 1992). Jeszcze wyraźniej widać to podczas gry w szachy. Gdy trzeba było generować przypadkowe litery w tempie jednej na sekundę, to prawie niemożliwy stał się wybór optymalnego ruchu.

Centralny system wykonawczy jest bardziej złożony niż systemy służebne, a zarazem najtrudniejszy do badania i najsłabiej poznany. Trudno znaleźć specyficzne dla niego zadania. Baddeley (2000 a) przypuszcza, że zawiera on kilka oddzielnych subprocesów wykonawczych, takich jak zdolność do koncentracji, przełączania i dzielenia uwagi. Nie wiadomo, czy te procesy mają jednakowy status, czy raczej tworzą hierarchię z jedną funkcją dominującą nad innymi.

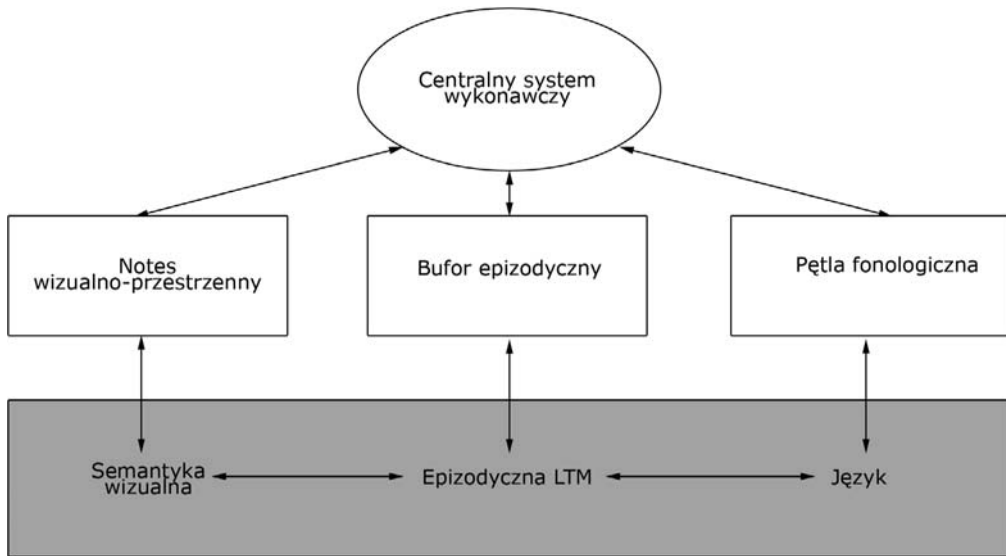
Bufor epizodyczny

Podczas gdy we wcześniejszych wersjach modelu koncentrowano uwagę na wyodrębnieniu podsystemów pamięci operacyjnej, to nowa wersja kładzie nacisk na procesy integrowania informacji (Baddeley, 2000 b). Bufor epizodyczny o ograniczonej pojemności jest dodatkowym składnikiem pamięci operacyjnej, którego funkcja polega na tymczasowym magazynowaniu zintegrowanych informacji pochodzących z różnych źródeł: z pętli fonologicznej, notesu wizualno-przestrzennego i z pamięci długotrwałej (rysunek 6.10). Informacje są zintegrowane czasowo i przestrzennie, a więc stanowią krótkotrwały odpowiednik treści epizodycznych przechowywanych w pamięci długotrwałej. Bufor magazynuje informacje w kodzie wielomodalnym, dzięki czemu może łączyć dane wizualne, przestrzenne, słowne i semantyczne. Kontrolę nad buforem epizodycznym sprawuje centralny system wykonawczy, który łączy informacje z różnych źródeł w spójne epizody. Również dostęp do bufora następuje za pośrednictwem centralnego systemu. Epizody są wydobywane świadomie.

Baddeley traktuje pamięć operacyjną, obejmującą uwagę i tymczasowe magazyny informacji, jako system „płynnych” (*fluid*) zdolności poznawczych, których nie można zmienić przez uczenie się. Natomiast „skrystalizowane” systemy poznawcze (na wykresie 6.10 zostały zacienione) gromadzą długotrwałą wiedzę.

Inne modele pamięci operacyjnej

Pojęcie pamięci operacyjnej w istotny sposób różni się od pamięci krótkotrwałej rozumianej jako struktura magazynująca chwilowo niewielką ilość informacji. Pamięć operacyjna stanowi dynamiczny system podtrzymujący informacje podczas wykonywania operacji umysłowych. Pełni funkcje nie tylko mnemiczne, ale także kontrolne i regulacyjne. Nie jest to wyłącznie „pamięć” w tradycyjnym rozumieniu, lecz raczej złożony system procesów i mechanizmów kontrolujących i koordynu-



Rysunek 6.10. Nowa wersja wieloskładnikowego modelu pamięci operacyjnej (opis w tekście; za: Baddeley, 2000 b, s. 421)

jących przetwarzanie i magazynowanie informacji podczas aktywności poznawczej (Kintsch, Healy, Hegarty, Pennington i Salthouse, 1999; Miyake i Shah, 1999).

Poza modelem Baddeleya, najbardziej znanym i reprezentatywnym, są jeszcze inne modele pamięci operacyjnej. Shah i Miyake (1999) wybrali dziesięć modeli i zadali ich autorom zestaw pytań dotyczących najważniejszych aspektów. Z analizy dokonanej przez Kintscha i innych (1999) oraz Miyake i Shaha (1999) wynika, że autorzy są zgodni co do podstawowej charakterystyki pamięci operacyjnej, którą można ująć w następujących punktach:

1. Funkcje pamięci operacyjnej polegają na dynamicznej kontroli i regulacji przetwarzania oraz magazynowania informacji podczas złożonych zadań poznawczych.
2. Pamięć operacyjna jest zaangażowana w różne formy aktywności poznawczej, na przykład w rozumienie zdań, arytmetykę umysłową i algebrę, rozumowanie (na przykład sylogistyczne), grę w szachy.
3. Jej pojemność (*capacity*) jest ograniczona nie jednym, lecz licznymi czynnikami.
4. Większość modeli zakłada, że pamięć operacyjna zawiera podsystemy, chociaż nie ma zgody co do ich liczby i charakterystyki.
5. Pamięć operacyjna jest powiązana z pamięcią długotrwałą: wykorzystuje zmagazynowaną w niej wiedzę i umiejętności, jak również odgrywa rolę w kodowaniu nowych doświadczeń w pamięci długotrwałej. Niektóre

modele (na przykład Baddeley i Logie, 1999) zakładają odrębność i wskazują na odmienne funkcje pamięci operacyjnej w porównaniu z długotrwałą. Inne natomiast podkreślają ciągłość pomiędzy nimi i traktują pamięć operacyjną jako zaktywizowany podzbiór informacji zawartych w pamięci długotrwałej (na przykład Cowan, 1999; Engle, Kane i Tuholski, 1999; Ericsson i Delaney, 1999). Anderson (1998) używa tego określenia jako wspólnej nazwy dla „wszystkich przemijających informacji, do których mamy w danym momencie dostęp” (s. 214). Pamięć operacyjna zawiera informacje z systemów sensorycznych, różnych buforów powtórzeniowych, a także na temat tego, co jest aktualnie aktywne w systemie trwałego przechowywania.

Problemy teoretyczne i kierunki badań

Pojęcie pamięci operacyjnej odgrywa kluczową rolę we współczesnej psychologii poznawczej. Skupiają się w nim problemy dotyczące aktywności umysłu, roli uwagi, świadomości i dostępu do informacji.

Pamięć operacyjna a uwaga. Jednym z podstawowych problemów jest związek pamięci operacyjnej z uwagą (Kintsch i inni, 1999). Tradycyjnie pamięć i uwaga były traktowane jako oddzielne funkcje. Uwagę rozumiano jako proces, od którego zależy wejście informacji do magazynu pamięci krótkotrwałej, stanowiący rodzaj filtru ograniczającego ilość informacji wchodzących i utrzymywanych w magazynie. W pamięci operacyjnej procesy uwagi odgrywają istotną rolę, a w niektórych modelach, na przykład Baddeleya, a także Engle’a i innych (1999), zostały do niej wkomponowane jako wyróżniona część ogólnego systemu. Od uwagi zależy selektywna kontrola nad przebiegiem operacji. Według Cowana (1999) informacje aktualnie przetwarzane znajdują się w centrum uwagi i stanowią jedynie podzbiór informacji zaktywizowanych w pamięci, tzn. tych, do których mamy w danej chwili łatwy dostęp. Uwaga bywa też rozumiana jako rodzaj energii umysłowej lub zasobów poznawczych niezbędnych do pracy umysłu. Niektóre zadania są wykonywane automatycznie przy minimalnych zasobach umysłowych, inne wiążą się ze znacznym wysiłkiem i wymagają przydziału odpowiednio dużych zasobów. Z powodu ograniczonych zasobów umysł nie może w danej chwili zajmować się licznymi informacjami i operacjami.

Pamięć operacyjna a świadomość. Drugi istotny problem dotyczy relacji pomiędzy pamięcią operacyjną a świadomością (*conscious awareness*). Model wielomagazynowy zakładał, że zawartość pamięci krótkotrwałej jest treścią świadomości, ale — jak wskazują Kintsch i inni (1999) — sprawa jest bardziej złożona i niejasna (patrz także: Baddeley, 1993; Baddeley i Andrade, 1998). Utożsamianie świadomości z pamięcią operacyjną wydaje się nieuzasadnione. Wielu autorów uważa, że świadomość obejmuje tylko podzbiór informacji podtrzymywanych w pamięci operacyjnej, na przykład według Cowana są to informacje będące w centrum uwagi. Ponadto zaburzenia pamięci operacyjnej, na przykład spowo-

dowane uszkodzeniem kory przedczołowej, mogą występować bez zaburzeń świadomości. Samo pojęcie świadomości obejmuje zresztą różne rodzaje zjawisk (Dudai, 2002). Jak się wydaje, z pamięcią operacyjną jest związane nie tyle subiektywne doświadczenie bycia świadomym (czyli świadomość fenomenologiczna), ile raczej świadomość dostępu do pewnego zbioru informacji, które są aktywnie utrzymywane w pamięci.

LeDoux (2000) uznaje pamięć operacyjną za „furtkę do świadomości” (s. 358). Powstają w niej przedstawienia symboliczne procesów, które przebiegają najpierw w układach niższego rzędu, działających poza sferą świadomości. Przetwarzanie informacji dokonujące się w pamięci operacyjnej jest podłożem świadomych przeżyć, chociaż nie wyjaśnia całkowicie świadomości.

Pojemność pamięci operacyjnej. Wiele pytań dotyczy ograniczeń pojemności pamięci operacyjnej spowodowanych licznymi czynnikami. Poza ograniczeniem ilościowym, wskazywanym przez Millera, na pierwszy plan wysuwają się dwa ograniczenia czasowe: wynikające z tempa rozpadu śladu pamięciowego i z tempa przetwarzania informacji. Z badań wykonanych w zespole Baddeleya wynika, że istnieje pomiędzy nimi silny związek: operacje muszą być przeprowadzone, zanim nastąpi rozpad śladu, a z kolei wykonanie operacji takich jak powtarzanie pozwala odświeżyć ślad i utrzymać go dłużej w pamięci. Z kolei Cowan wskazuje, że ograniczenia czasowe odnoszą się tylko do informacji zaktywizowanych w pamięci, natomiast informacje będące w centrum uwagi podlegają ograniczeniom ilościowym. Jego zdaniem pamięć może zaktywizować w danym czasie dowolną ilość informacji, ale jedynie na krótki czas. Informacje te zanikają w ciągu 15 – 20 sekund. Natomiast w centrum uwagi mogą się znaleźć tylko nieliczne zaktywizowane informacje (3 do 5) i wtedy nie podlegają rozpadowi. W różnych modelach wskazywane są także inne źródła ograniczeń pojemności pamięci operacyjnej: dostępność aktywacji, brak kontroli hamowania, brak umiejętności i wiedzy o skutecznym kodowaniu lub wydobywaniu, interferencja wynikająca z podobieństwa informacji, ograniczenia we współdziałaniu podsystemów.

Pomiar pojemności pamięci operacyjnej musi uwzględniać jej wielorakie ograniczenia. Taka miara jak zakres pamięci bezpośredniej jest niewystarczająca. Dotychczasowe pomysły są wariantami procedury podwójnego zadania. Wymagają jednoczesnego przechowywania informacji i wykonywania jakiegoś zadania. Oto przykłady:

- Daneman i Carpenter (1980) zastosowali zadanie wymagające czytania (*reading-span task*). Podawali osobom badanym zdania, które należało przetwarzać (na przykład oceniając, czy zdanie ma sens), a ponadto trzeba było pamiętać ostatnie słowo z każdego zdania. Po ostatnim zdaniu proszono o odtworzenie po kolei wszystkich pamiętanych słów. Zaczynano od dwóch zdań i stopniowo zwiększano ich liczbę aż do momentu, gdy badany nie potrafił odtworzyć wszystkich ostatnich słów. W ten sposób autorzy określali zakres pamięci operacyjnej (*working memory span*).

- W badaniach Case'a (1995) pokazywano dzieciom kartę, na której były narysowane kropki. Proszono o policzenie kropek na głos i zapamiętanie ich liczby (*counting-span task*). Następnie pokazywano drugą kartę i dziecko liczyło głośno kropki, ale musiało ciągle pamiętać sumę kropek na poprzedniej karcie. Głośne liczenie miało wyeliminować powtarzanie. Prezentowano w ten sposób coraz dłuższe serie kart. Po każdej serii dziecko podawało liczbę kropek na wszystkich kartach po kolei, co pozwalało ustalić zakres pamięci operacyjnej.
- Turner i Engle (1989) łączyli wykonywanie prostych operacji arytmetycznych z pamiętaniem słów (*operation-span task*). Badany czytał głośno równanie i odpowiadał, czy wynik jest prawidłowy, czy nie. Następnie czytał słowo, które powinien zapamiętać. Na przykład: „Czy $4/2+3 = 6$? (tak czy nie), PIES”. Po serii (od 2 do 7) takich połączeń operacji arytmetycznych i słów proszono o odtworzenie pamiętanych słów.

Kierunki badań. Ze względu na wiodącą rolę pamięci operacyjnej w funkcjonowaniu poznawczym badania nad nią postępują w różnych kierunkach. Dotyczą różnic indywidualnych (patrz: „Zbliżenie”) oraz czynników związanych z rozwojem (Jagodzińska, 2003), zmianami następującymi w późnym wieku (rozdział 14.) i patologią mózgu. Analizuje się deficyty w funkcjonowaniu pamięci operacyjnej wynikające z urazów mózgu, z patologii rozwojowych, demencji (rozdział 15.) oraz chorób psychicznych, na przykład schizofrenii (Fleming, Goldberg i Gold, 1994; Chlewiński, 1997; Keefe, 2001; Barch, 2003).

Ciekawy kierunek badań dotyczy relacji pomiędzy emocjami a pamięcią operacyjną. Damasio (2000) i LeDoux (2000) zwracają uwagę na rolę emocji w kontroli i regulacji aktywności poznawczej. Jak wskazuje LeDoux (2000), ma w tym udział obwód nerwowy łączący ciało migdałowate, które aktywizuje się w sytuacji zagrożenia, z obszarami kory odpowiedzialnymi za pamięć operacyjną, zwłaszcza z przednią częścią zakrętu obręczy i korą oczodołową. Dzięki tym powiązaniom emocje mogą wywierać wpływ na koncentrację uwagi, kontrolę aktywności i podejmowanie decyzji.

Podsumowanie

- Systemy pamięci krótkotrwałej przechowują informacje i umożliwiają ich opracowywanie w ograniczonym czasie. Rozróżnia się ultrakrótkotrwałą pamięć sensoryczną odpowiadającą każdej z modalności zmysłowych i krótkotrwałą pamięć operacyjną.
- Do odkrycia sensorycznej pamięci wzrokowej, nazywanej ikonyczną, przyczyniły się badania Sperlinga. Jest to pamięć prekategorialna, o dość dużej pojemności, utrzymująca obraz po zakończeniu działania bodźca w czasie krótszym niż sekunda. Z późniejszych badań wynika, że jest

kilka stadiów pamięci ikonicznej o różnej trwałości i różnym stopniu opracowania informacji.

- Sensoryczna pamięć słuchowa, nazywana echoiczną, przechowuje percepcyjną informację akustyczną przez kilka sekund po zakończeniu działania bodźca. Również w jej obrębie wyróżnia się stadia związane z przetwarzaniem informacji.
- Pamięć sensoryczna umożliwia dalsze przetwarzanie informacji, gdy bodziec przestał już działać, i zapewnia ciągłość percepcji. Proces przetwarzania zostaje przerwany, gdy ślad pamięciowy zanika z upływem czasu albo gdy pojawia się nowy bodziec. Informacje rozpoznane i wyróżnione w procesie uwagi zostają przekazane do pamięci krótkotrwałej.
- Pamięć krótkotrwała ma ograniczoną pojemność: według Millera obejmuje 7 ± 2 porcje informacji, według Cowana jedynie 4 ± 1 . Jej miarą jest zakres pamięci bezpośredniej, tj. liczba elementów odtwarzanych w prawidłowej kolejności po jednorazowym odbiorze.
- Eksperyment Petersonów (1959) pokazał, że jeśli odebrany materiał nie jest powtarzany, to zostaje zapomniany w ciągu 18 – 30 sekund.
- Sternberg (1966) stwierdził, że wydobywanie informacji z pamięci krótkotrwałej opiera się na seryjnym i wyczerpującym przeszukiwaniu jej zawartości, ale wyniki jego badań bywają też wyjaśniane przeszukiwaniem równoległym.
- W pamięci krótkotrwałej treści słowne mogą być reprezentowane nie tylko w kodzie akustycznym (fonemicznym), ale także w wizualnym i semantycznym, a treści obrazowe w wizualnym kodzie wyobrażeniowym.
- Pamięć krótkotrwała jest obecnie rozumiana jako pamięć operacyjna (robocza) podtrzymująca informacje podczas wykonywania operacji poznawczych.
- W badaniach pamięci operacyjnej stosuje się metodę podwójnego zadania: badani wykonują zadanie poznawcze i jednocześnie utrzymują w pamięci kilka informacji.
- Na podstawie badań metodą podwójnego zadania Baddeley i Hitch (1974) zaproponowali model pamięci operacyjnej, w którym występuje centralny system wykonawczy i dwa podporządkowane mu systemy: pętla artykulacyjna (inaczej fonologiczna) i notes wizualno-przestrzenny.
- Pętla artykulacyjna zawiera magazyn fonologiczny przechowujący informacje słowne w ciągu 2 sekund i proces powtarzania, który odświeża ślady pamięciowe. Tempo ukrytego powtarzania wpływa na zakres pamięci bezpośredniej: jest on większy dla słów wymawianych krótko niż dla wymawianych długo (efekt długości słowa). Pętla artykulacyjna jest

zaangażowana w zadania oparte na materiale słownym, na przykład obliczenia arytmetyczne, rozumienie zdań.

- Notes wizualno-przestrzenny jest słabiej poznany. Zawiera dwa składniki: wizualny i przestrzenny, które odpowiednio utrzymują informację wizualną i wykonują manipulacje przestrzenne.
- Centralny system wykonawczy kieruje uwagą i zasobami poznawczymi, koordynuje i nadzoruje systemy podporządkowane, odpowiada za koncentrację na celu działania. Ma ograniczoną pojemność.
- Ostatnio Baddeley (2000 b) wprowadził do modelu dodatkowy podsystem — bufor epizodyczny — magazynujący zintegrowane epizody.
- Inne modele również traktują pamięć operacyjną jako złożony system procesów kontrolujących i koordynujących przetwarzanie i magazynowanie informacji podczas aktywności poznawczej.
- Pojęcie pamięci operacyjnej odgrywa kluczową rolę we współczesnej psychologii poznawczej. Skupiają się w nim problemy dotyczące relacji pomiędzy pamięcią, uwagą i świadomością podczas aktywności poznawczej oraz różnego rodzaju ograniczeń w pojemności przetwarzania i magazynowania informacji.

Literatura uzupełniająca

Podstawowe informacje na temat pamięci sensorycznej i krótkotrwałej można znaleźć w podręcznikach: Kurcz (1992), Anderson (1998), Włodarski (1998), Maruszewski (2001), Nęcka, Orzechowski i Szymura (2006). W tym ostatnim podręczniku omówione są także modele pamięci roboczej.

Szczegółową charakterystykę pamięci ikonicznej podaje w dwóch artykułach przeglądowych Hankala (1995, 1996). Przegląd wczesnych badań nad pamięcią ikonyczną i echoiczną przedstawia Bobłowska (1986).

Zbliżenie. Różnice indywidualne w pamięci operacyjnej a inteligencja płynna

Inteligencja płynna to zdolność do rozumowania i rozwiązywania nowych problemów, ujawniająca się w zadaniach, które nie wymagają zastosowania wcześniej przyswojonej wiedzy. W jaki sposób może być związana z pamięcią?

Randall Engle i jego współpracownicy przyjęli założenie, że zadania angażujące inteligencję płynną wymagają kontrolowanej uwagi i kontrolowanego przetwarzania informacji, czyli sprawnie funkcjonującej pamięci operacyjnej (Engle, 2002; Engle,

Kane i Tuholski, 1999). Zainteresowali się różnicami indywidualnymi w pamięci operacyjnej i ich związkiem z wykonywaniem zadań poznawczych wyższego rzędu. Pojemność pamięci operacyjnej (WM) oceniano przy użyciu zadań mierzących zakres czytania (*reading-span task*), zakres liczenia (*counting-span task*) i zakres operacji (*operation-span task*). Do pomiaru ogólnej inteligencji płynnej (*general fluid intelligence*, gF) zastosowano test Ravena i test Catella. Wprowadzono także pomiar pamięci krótkotrwałej przy użyciu trzech zadań mierzących zakres pamięci bezpośredniej słów.

Autorzy analizowali korelacje pomiędzy wynikami tych pomiarów. Zastosowali metodę modelowania z użyciem równań strukturalnych (*structural equation modeling analysis*), która pozwala określić zgodność modelu z układem stwierdzonych korelacji. Z analiz tych wynika, że pamięć krótkotrwała i pamięć operacyjna są ze sobą ściśle powiązane, ale należy traktować je jako oddzielne konstrukty. Model rozróżniający te dwa konstrukty lepiej przystaje do danych niż model łączący je w jedną całość. Okazało się także, że pamięć operacyjna była silnie związana z inteligencją płynną, podczas gdy związek pamięci krótkotrwałej z inteligencją płynną był nieistotny.

Druga seria badań miała charakter eksperymentalny i polegała na porównywaniu, jak sobie radzą z różnymi zadaniami poznawczymi osoby różniące się pojemnością WM. Dobrano dwie skrajne grupy osób: o wysokiej i niskiej pojemności WM. Jedno z zadań poznawczych dotyczyło płynności słownej: należało przez pewien czas wymieniać wyrazy należące do określonej kategorii (na przykład nazwy zwierząt), wystrzegając się powtarzania tych samych słów (Rosen i Engle, 1997). Stwierdzono, że osoby z wysoką WM wykonują to zadanie lepiej niż osoby o niskiej WM, zwłaszcza gdy wydłuża się czas. Podobnie było w zadaniach wymagających selektywnej uwagi skierowanej na określone źródła informacji, na przykład gdy trzeba było identyfikować bodźce wizualne albo słuchowe pojawiające się wśród dystraktorów. Okazało się, że osoby z wysoką WM lepiej kontrolują uwagę, dzięki czemu potrafią ignorować rozpraszające informacje. I tak na przykład Conway, Cowan i Bunting (2001) zastosowali zadanie słuchania dycho-tycznego (*dichotic-listening task*): należało głośno powtarzać słowa prezentowane do jednego ucha, ignorując informacje podawane do drugiego ucha. W pewnym momencie podawano każdemu jego imię, jako jedną z informacji, które należało pomijać, a po zakończeniu zadania pytano, czy słyszał swoje imię. Odpowiedź twierdzącą dało tylko 20% osób z wysoką WM i aż 65% osób z niską WM.

Engle i jego współpracownicy stwierdzają, że różnice indywidualne w pamięci operacyjnej i w ogólnej inteligencji płynnej są ze sobą silnie powiązane i nie zależą od różnic w wiedzy ogólnej i specyficznych umiejętnościach (Engle i inni, 1999). Związek ten ujawnia się w wielu zadaniach poznawczych wyższego rzędu i prawdopodobnie opiera się na indywidualnych różnicach w kontroli wykonawczej (Engle, 2002). Pojemność pamięci operacyjnej i kontrola wykonawcza mają szczególne znaczenie, gdy podczas wykonywania zadania pojawiają się informacje rozpraszające lub interferujące.

Zastosowanie. Jak powiększyć zakres pamięci krótkotrwałej? Naucz się strategii albo zostań ekspertem

Chociaż zakres pamięci krótkotrwałej jest bardzo ograniczony, to **mnemoniści** potrafią odtworzyć ponad 70 słów lub cyfr po jednorazowym odbiorze (przegląd: Czerniawska, 2005). Opisany przez Łurę (1970) słynny mnemonista Szereszewski zapamiętywał cyfry, sylaby, słowa języka obcego ułożone w szeregi lub tabele liczące nawet ponad 100 elementów i mógł je odtwarzać w dowolnej kolejności (na przykład od końca) nie tylko natychmiast, ale także po tygodniach i latach. Znakomite efekty uzyskiwał także V.P. badany przez Hunta i Love'a (1982). Czy do takich osiągnięć niezbędne są wrodzone, nadzwyczajne zdolności pamięciowe?

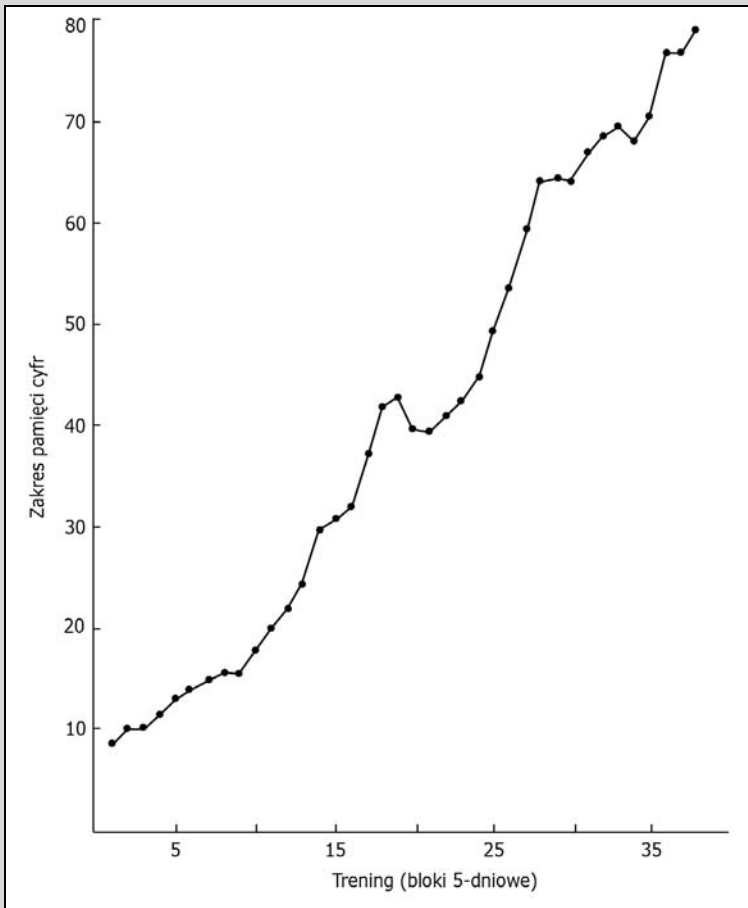
Mnemonista

(*mnemonist*) — człowiek uzyskujący zadziwiająco wysokie wyniki w zadaniach pamięciowych dzięki stosowaniu mnemotechniki.

Ericsson, Chase i Faloon (1980) sprawdzali, czy przeciętnie zdolny student może tak wytrenować swoją pamięć, żeby dorównał mnemonistom. Do eksperymentalnego treningu przystąpił student S.F., który w momencie startu miał zakres pamięci obejmujący 7 cyfr. Trening odbywał się w warunkach laboratoryjnych 3 – 5 razy w tygodniu i trwał godzinę dziennie. Czytano mu szereg cyfr w tempie jednej na sekundę, a jeśli dobrze odtworzył, podawano następny szereg, dłuższy o jedną cyfrę. Już po 6 miesiącach S.F. uzyskiwał wyniki w zapamiętywaniu tabeli 50 cyfr podobne jak Szereszewski i V.P., zarówno pod względem wyniku reprodukcji, jak i czasu uczenia się. Po 20 miesiącach zakres odtwarzanych cyfr wzrósł z 7 do 79, a odtwarzanie materiału z całej godzinnej sesji wynosiło 80% (rysunek 6.11).

W jaki sposób S.F. doszedł do tak spektakularnych wyników? Wykorzystał swoje zainteresowanie jedną z dyscyplin sportowych — bieganiem. S.F. był dobrym biegaczem i miłośnikiem tego sportu, znał czasy uzyskiwane przez zawodników w różnych kategoriach biegów. Jego strategia polegała na tym, że łączył 3 lub 4 cyfry w grupę i kojarzył z określonym czasem biegu. Na przykład 3492 zakodował jako „3 minuty i 49,2 sekundy — czas bliski rekordu świata w biegach na milę”. Klasyfikował czasy w 11 głównych kategoriach — od pół mili do maratonu — a w obrębie kategorii wyróżniał subkategorie. Później zaczął dodatkowo kodować grupy 3 – 4 cyfr także jako wiek ludzi (na przykład 893: „89,3 — bardzo stary człowiek”) i daty (na przykład 1944 — „blisko końca II wojny światowej”).

Dodatkowym problemem w odtwarzaniu długich szeregów jest zachowanie właściwej kolejności elementów. S.F. posłużył się w tym celu organizowaniem zakodowanych grup cyfr w większe jednostki obejmujące po cztery lub trzy grupy. Powstawała w ten sposób struktura ułatwiająca wydobywanie cyfr z pamięci zgodnie z ich kolejnością w szeregu. Na końcu była zawsze grupa 6 elementów, odpowiadająca zakresowi pamięci bezpośredniej, którą po prostu powtarzał. Podczas odtwarzania można było



Rysunek 6.11. Zakres pamięci cyfr u studenta S.F. jako funkcja treningu (za: Ericsson, Chase, Faloan, 1980, s. 1181)

rozpoznać strukturę nadaną materiałowi — odpowiadał jej układ przerw i intonacja opadająca na końcu grupy nadrzędnej.

Niestety, te znakomite efekty okazały się ograniczone do materiału używanego podczas treningu, tj. do cyfr. Gdy po trzech miesiącach wprowadzono jako materiał litery, S.F. odtworzył tylko 6 elementów. Oznacza to, że trening nie zwiększył pojemności pamięci krótkotrwałej, a jedynie pozwolił wykorzystać ją maksymalnie. Stosowana w tym celu strategia była dobra tylko dla określonego rodzaju materiału, a przy innych okazywała się bezużyteczna. O ograniczonej pojemności pamięci świadczy również to, że tworzone przez S.F. porcje informacji obejmowały zwykle 3 lub 4 cyfry i nigdy nie przekraczały 5 elementów, a pozostawiona na końcu i powtarzana grupa także nie wzrastała ponad 6 elementów.

William Chase i K. Anders Ericsson (1982) uważają, że każdy może usprawnić swoją pamięć i stać się mnemonistą, czyli ekspertem pamięciowym. Zgodnie z proponowaną przez nich teorią sprawnej pamięci (*skilled memory theory*) należy dążyć do magazynowania informacji od razu w pamięci długotrwałej. Prowadzi do tego trening oparty na trzech zasadach. Pierwszą jest sensowne kodowanie (*meaningful encoding*) — należy tworzyć sensowne asocjacje pomiędzy elementami materiału, opierając się na wiedzy zgromadzonej w pamięci. Druga zasada to przygotowanie struktury wydobywania (*retrieval structure*) — podczas kodowania trzeba wytwarzać specyficzne wskazówki, które będą później pomagały wydobyć materiał z pamięci. Trzecia zasada dotyczy przyspieszania (*speed-up*) — należy ćwiczyć kodowanie i wydobywanie, dzięki czemu operacje będą wykonywane znacznie szybciej. Autorzy dowodzą, że nadzwyczajne wyniki pamięciowe są efektem sensownego kodowania, struktury wydobywania i przyspieszenia, a nie wrodzonych wybitnych zdolności (Ericsson, 1985).

Dowodem na to, że pamięć podlega ćwiczeniu, są osiągnięcia ekspertów, którzy znakomicie opanowali jakąś dziedzinę wiedzy. Chociaż niekoniecznie wyróżniają się zdolnościami pamięciowymi, to w swojej dziedzinie zapamiętują znacznie więcej niż osoby niebędące ekspertami. Szczególny podziw budzi pamięć mistrzów szachowych, którzy potrafią bezbłędnie odtworzyć układ figur na planszy oglądany tylko przez 5 sekund (de Groot, 1965). Tajemnica ich osiągnięć tkwi w wiedzy — mistrzowie mają zapisanych w pamięci około 50 000 sensownych konfiguracji szachowych, dzięki czemu natychmiast rozpoznają znany sobie układ. Nie muszą pamiętać miejsca każdego pionka, wystarczy, że pamiętają wzór, który mogą w każdej chwili odtworzyć. Gdy układ figur jest przypadkowy i nie można go sensownie zakodować na podstawie wiedzy, mistrzowie tracą swoją przewagę i pamiętają tyle, co nowicjusze (Chase i Simon, 1973). Podobne prawidłowości stwierdzano w badaniach ekspertów z innych dziedzin: naukowców, elektroników, kibiców piłki nożnej, brydzystów, nawet barmanów i kelnerów (Hunter, 1977; Ericsson, 1985; Ericsson i Polson, 1988; Cohen, 1989; Searleman i Herrmann, 1994; Hankala, 2005; patrz także: Wejn i Kamieniecka, 1976; Włodarski, 1990; Czerniawska, 2005), a także dzieci będących znawcami dinozaurów (Chi i Koeske, 1983; Gobbo i Chi, 1986), ptaków (Johnson i Mervis, 1994) lub szachów (Chi, 1978; Schneider, Gruber, Gold, Opwis, 1993). Eksperci dysponują rozległym i zróżnicowanym zestawem kategorii służących do kodowania informacji, tworzą szerokie asocjacje, a ich wiedza jest dobrze ustrukturalizowana, dzięki czemu łatwo uzyskują dostęp do potrzebnej informacji.

Każdy może stać się ekspertem, bo każdy rodzaj zainteresowań i każdy zawód może być podstawą rozwoju wiedzy eksperckiej. Jako specjaliści możemy dużo i szybko zapamiętywać w danej dziedzinie, a także wykorzystywać wiedzę do wytwarzania skojarzeń z innymi rodzajami informacji.