

IWONA KOŁODZIEJCZYK

*Pracownia Psychofizjologii
Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN
Pasteura 3, 02-093 Warszawa
e-mail: i.kolodziejczyk@nencki.gov.pl*

NEUROPSYCHOLOGIA STARZENIA POZNAWCZEGO

WSTĘP

Wzrost oczekiwanej długości życia (ang. life expectancy) oraz spadek liczby urodzeń w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat przyczyniły się do znacznego zwiększenia się w populacji odsetka osób w zaawansowanym wieku (METCALFE 1998). Między 1950 a 1990 rokiem liczba 80-latków wzrosła 4-krotnie, liczba 90-latków zwiększyła się 8-krotnie, a liczba 100-latków – ponad dwudziestokrotnie¹ (ANDERSEN-RANBERG i współaut. 1999). Tak duży wzrost liczby osób w bardzo podeszłym wieku spowodowany jest przede wszystkim zmniejszeniem się śmiertelności dzieci, poprawą warunków życia i skuteczniejszą walką z chorobami takimi jak nadciśnienie, nowotwory czy cukrzyca (METCALFE 1998, ANDERSEN-RANBERG i współaut. 1999). Już teraz w wielu krajach europejskich liczba młodzieży w wieku do 15 lat jest mniejsza niż liczba osób starszych (HERMAN i ŁĄCKA 2005), a przewiduje się, że odsetek starszych osób w populacji będzie nadal rósł (ANDERSEN-RANBERG i współaut. 2001). Zjawisko to dotyczy także Polski, gdzie w 1990 r. liczba ludzi, którzy przekroczyli 60. rok życia stanowiła ok. 6% populacji, w 2000 r. przekroczyła 16% i szacuje się, że w 2020 r. przekroczy 24% (HERMAN i ŁĄCKA 2005).

Zwiększanie się w populacji liczby osób w zaawansowanym wieku sprawiło, że zjawisku starzenia poświęca się coraz więcej uwagi, co znajduje wyraz w eksplozji badań

naukowych poświęconych tej tematyce. W niniejszym artykule omówię podstawowe zagadnienia związane ze starzeniem. Skoncentruję się na tzw. zdrowym starzeniu, czyli zmianach, jakie zachodzą w naszym funkcjonowaniu pod nieobecność chorób związanych z wiekiem. Będą to więc zmiany spowodowane procesem starzenia *per se*, nie zaś chorobami pojawiającymi się w ostatnim okresie życia. Omówię zmiany zachodzące w mózgu i zmiany funkcjonowania poznawczego, a także czynniki mogące wpływać na proces starzenia. Na zakończenie przedstawię teorie wyjaśniające przyczyny omawianych zmian.

Co sprawia, że się starzejemy? Zanim skoncentrujemy się na czynnikach leżących u podłoża tego zjawiska, spróbujmy określić, czym jest starzenie. Jest ono definiowane jako nieodwracalny proces rozpoczynający się z osiągnięciem dojrzałości, charakteryzujący się rosnącym odchyleniem od stanu idealnego (WEINERT i TIMIRAS 2003).

Tradycyjnie za początek starości uważa się wiek 65 lat, co znajduje odzwierciedlenie zarówno w raportach ze spisów ludności, jak i w licznych artykułach naukowych. Należy jednak zaznaczyć, że granica ta ma uzasadnienie wyłącznie historyczne: w Niemczech, które jako pierwszy kraj na świecie wprowadziły system emerytalny, właśnie wiek 65 lat uznany został za uprawniający do świadczeń.

¹Informacje te pochodzą z dwunastu krajów świata dysponujących wiarygodnymi danymi.

Nie ma natomiast argumentów natury biologicznej pozwalających stwierdzić, że starość zaczyna się w tym właśnie wieku.

Najpopularniejszą metodą określania wieku jest obliczanie czasu, jaki upłynął od chwili narodzin do określonego punktu w czasie. Jest to tak zwany wiek chronologiczny. Należy jednak pamiętać, że nie jest on jedynym – i niekoniecznie najbardziej trafnym – wskaźnikiem starzenia. Naukowcy mówią też o wieku biologicznym, który odzwierciedla aktualny stan organizmu, tj. obecność lub brak procesów patologicz-

nych. Dla przykładu, 70-latek będący w dobrej formie fizycznej jest zapewne młodszy biologicznie niż 60-latek cierpiący na poważną chorobę. Z kolei wiek socjologiczny określa role pełnione przez jednostkę w społeczeństwie i odzwierciedla fakt, że społeczeństwo oczekuje określonych zachowań od ludzi w różnym wieku. Jeśli siedemdziesięciolatek wybierze się na dyskotekę, to z socjologicznego punktu widzenia można go uznać za młodego, ponieważ tego typu zachowanie jest typowe raczej dla osób młodych (BALCOMBE i SINCLAIR 2001).

TEORIE WYJAŚNIAJĄCE PROCES STARZENIA

W literaturze wyróżnia się dwie grupy teorii tłumaczących proces starzenia: teorie deterministyczne oraz teorie stochastyczne.

Teorie deterministyczne zakładają, że starzenie jest procesem celowym, zaprogramowanym przez naturę. Ich zwolennicy twierdzą, że proces ten zależy od zegara biologicznego, regulującego czas naszego życia. Starają się znaleźć ów mechanizm programujący proces starzenia, a także geny odpowiedzialne za to zjawisko (WEINERT i TIMIRAS 2003, HERMAN i ŁACKA 2005). Do teorii deterministycznych należą m.in. teoria ograniczonej liczby podziałów komórki Hayflicka, teoria ciała jednorazowego użytku Kirkwooda, teoria programowanej śmierci komórek Walforda oraz teoria antagonistycznych genów plejotropowych Williamsa (SEMSEI 2000, BALCOMBE i SINCLAIR 2001, WEINERT i TIMIRAS 2003). Argumentem potwierdzającym rolę genów w procesie starzenia jest m.in. fakt dziedziczenia długowieczności.

Teorie stochastyczne natomiast wychodzą z założenia, że proces starzenia jest jedynie efektem kumulujących się przez całe życie uszkodzeń. Zwolennicy tej grupy teorii uważają, że starzenie nie jest immanentną cechą żywych organizmów. Jednak na przestrzeni życia w organizmie gromadzą się szkodliwe substancje będące produktami przemiany materii, co powoduje intensyfikację uszko-

dzeń struktury komórek i – co za tym idzie – zaburzenia ich funkcjonowania (HERMAN i ŁACKA 2005). Potwierdzeniem dla tej hipotezy jest obserwacja, że ograniczenie spożycia kalorii u gryzoni, związane ze spowolnieniem tempa metabolizmu, powoduje wydłużenie ich życia (BALCOMBE i SINCLAIR 2001). Do grupy teorii stochastycznych należą między innymi: teoria wolnorodnikowa Harmana, teoria katastrofy błędów Orgela, teoria mutacji somatycznych Casaretta, teoria akumulacji mutacji Medawara czy teoria naprawy DNA (SEMSEI 2000, BALCOMBE i SINCLAIR 2001, WEINERT i TIMIRAS 2003). Jeszcze inne teorie jako przyczynę starzenia wymieniają dysfunkcję całych układów, np. neuroendokrynnego czy immunologicznego (BALCOMBE i SINCLAIR 2001, WEINERT i TIMIRAS 2003).

Większość istniejących teorii starzenia usiłuje wyjaśnić ten proces działaniem jednej tylko zmiennej. Obecnie jednak coraz więcej badaczy skłania się ku przekonaniu, że starzenie jest procesem złożonym, zależnym od wielu czynników, zarówno wewnętrznych (np. genetycznych), jak i zewnętrznych (związanych ze środowiskiem), które działają równocześnie i oddziałują na szereg poziomów organizacji funkcjonalnej (BALCOMBE i SINCLAIR 2001, WEINERT i TIMIRAS 2003).

RODZAJE PORÓWNAŃ STOSOWANYCH W BADANIACH NAD STARZENIEM

W badaniach eksperymentalnych nad starzeniem stosuje się dwa rodzaje porównań: poprzeczne oraz podłużne. Badania poprzeczne (ang. cross-sectional) polegają na porównaniu pod względem określonej

zmiennej grup osób w różnym wieku, przy czym pomiaru owej zmiennej dokonuje się we wszystkich grupach w tym samym mniej więcej czasie. Natomiast badania podłużne (ang. longitudinal) to wielokrotne pomiary

wartości określonej zmiennej u tych samych osób, dokonywane w pewnych odstępach czasu (np. co kilka lat).

Obie wymienione metody mają swoje wady i zalety. Główną wadą badań poprzecznych jest fakt, że otrzymane różnice międzypokoleniowe nie muszą być tożsame z efektem starzenia. Mogą być spowodowane np. różnicami w sposobach odżywiania czy też kształcenia porównywanych pokoleń, a także różnymi doświadczeniami życiowymi poszczególnych generacji. Fakt, że kolejne pokolenia różnią się od siebie nie tylko wiekiem, ale też szeregiem innych zmiennych, nosi nazwę efektu kohorty (ang. cohort effect) (METCALFE 1998, ZIMBARDO 1999). Dobrą ilustracją tego efektu są różnice wiekowe w sprawności posługiwania się komputerem: można oczekiwać, że osoby starsze będą radzić sobie z obsługą programu komputerowego gorzej niż młodzi, jednak różnic tych nie będziemy raczej tłumaczyć wpływem starzenia, tylko różnymi doświadczeniami porównywanych grup.

Badania podłużne pozwalają natomiast obserwować „czysty” wpływ starzenia na wy-

konanie określonych zadań: badając wielokrotnie te same osoby, eliminujemy wpływ czynników takich jak różnice doświadczeń czy trybu życia. Jednak kilkakrotne dokonywanie pomiarów u tej samej osoby samo w sobie może wpływać na uzyskiwane wyniki i modyfikować rzeczywiste różnice spowodowane starzeniem (BRZEZIŃSKA i TREMPAŁA 2002). Ponadto projekty stosujące metodę badań podłużnych trwają zazwyczaj bardzo długo, co powoduje „topnienie” liczby osób z początkowej próby. Czas realizacji projektu badawczego oraz konieczność przebadania na początku bardzo dużej grupy osób sprawiają, że porównania podłużne są bardziej kosztowne niż porównania poprzeczne, a także znacznie trudniejsze – a czasem wręcz niemożliwe – do przeprowadzenia.

Stosowanie dwóch opisanych powyżej metod prowadzi do nieco odmiennych rezultatów: różnice między kolejnymi pomiarami otrzymywane w badaniach podłużnych są zazwyczaj mniejsze niż różnice między grupami obserwowane w badaniach poprzecznych (ZEC 1995).

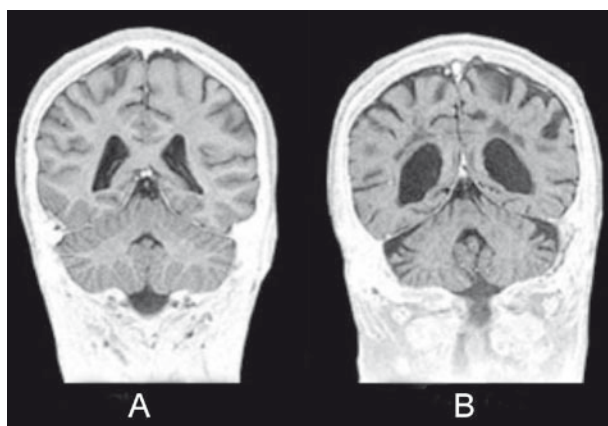
ZMIANY ZACHODZĄCE W STARZEJĄCYM SIĘ MÓZGU

Stwierdzono, że z wiekiem ludzki mózg zmniejsza swoją objętość. Według LEZAK (1995) mózg osiąga maksymalną wielkość około dwudziestego roku życia, a następnie stopniowo się kurczy. Do niedawna uważano, że proces ten jest spowodowany ubytkiem komórek nerwowych (TISSERAND i JOLLES 2003). Zastosowanie nowoczesnych technik badawczych pozwoliło jednak stwierdzić, że ubytek neuronów jest stosunkowo niewielki: do osiemdziesiątego roku życia człowiek traci tylko około 3% pierwotnej liczby neuronów (LEZAK 1995). Kurczenie się mózgu jest więc spowodowane raczej zmianami w budowie komórek nerwowych niż zmniejszaniem się ich liczby. Na skutek ubytku wody w cytoplazmie neurony kurczą się; zmniejsza się także liczba rozgałęzień dendrytycznych i liczba synaps (METCALFE 1998, REUTER-LORENZ 1999, TISSERAND i JOLLES 2003). Zmniejszaniu się masy mózgu towarzyszy wzrost ilości płynu mózgowo-rdzeniowego oraz powiększanie się bruzd i komór (Ryc. 1) (METCALFE 1998, RESNICK i współaut. 2003).

Kurczenie się mózgu nie jest procesem jednorodnym i w różnym stopniu dotyczy poszczególnych struktur. Największe zmia-

ny spowodowane starzeniem zachodzą w płatach czołowych, prążkowi i wzgórzu, a także w mózdku i spoidle wielkim (LEZAK 1995, REUTER-LORENZ 1999, TISSERAND i JOLLES 2003). Nie jest natomiast jasne, jak starzeją się struktury związane z pamięcią: część autorów twierdzi, że z wiekiem zmniejsza się objętość hipokampa i przyśrodkowego płata skroniowego, inni zaś nie znajdują takiej zależności (TISSERAND i JOLLES 2003).

O ile zmniejszanie się z wiekiem objętości istoty szarej (stanowiącej ciała komórek nerwowych) zostało stwierdzone w większości badań, to nie jest do końca jasne, w jakim stopniu do kurczenia się mózgu przyczynia się ubytek istoty białej (złożonej ze zmielinizowanych włókien nerwowych). Wyniki niektórych badań sugerują, że ubytki istoty białej są większe niż w przypadku istoty szarej, a ze szczególnie dużymi zmianami mamy do czynienia w płatach czołowych. Inni autorzy nie stwierdzili jednak znacznego ubytku istoty białej z wiekiem. Zasugerowano więc, że jej objętość może pozostawać względnie stała do późnego wieku, po czym następują gwałtowne zmiany. Nie ulega natomiast wątpliwości, że z wiekiem rośnie liczba uszkodzeń



Ryc. 1. Mózg osoby młodej (A) i starej (B). Źródło: <http://www.oms.edu/visit/life/aging/brain.cfm>

istoty białej, częstych zwłaszcza w płatach czołowych. Stwierdzono też, że wielkość tych lezji koreluje z wynikami testów mierzących funkcje uwagowe oraz tempo opracowywania informacji (TISSERAND i JOLLES 2003).

W starzejącym się mózgu zmienia się poziom neurotransmiterów, jednak natężenie tych zmian zależy zarówno od tego, który neuroprzekaźnik bierzemy pod uwagę, jak i od badanych struktur mózgowych. Największe zmiany związane z wiekiem obserwowane są w układach: serotonergicznym, cholinergicznym oraz dopaminergicznym. Nie stwierdzono natomiast dużych zmian w poziomie glutamianu i GABA (STRONG 1998).

Powodem pogorszenia z wiekiem transmisji serotonergicznej jest ubytek receptorów serotoniny, obserwowany zwłaszcza w korze mózgowej. Przypuszcza się, że zmniejszenie się liczby receptorów serotonergicznym może przyczyniać się do nastrojów depresyjnych starszych osób. W przypadku układu cholinergicznego obserwuje się znaczny ubytek receptorów muskarynowych w jądrze ogoniastym, skorupie, hipokampie oraz korze czołowej. Szacuje się, że między 4. a 93. rokiem życia ubytek ten wynosi 50–60% (STRONG 1998). Zmiany neurotransmisji w tych dwóch układach uważane są za czynnik odpowiedzialny za deficyty funkcji poznawczych z wiekiem. Pogorszenie transmisji dopaminergicznej spowodowane jest prawdopodobnie przede wszystkim ubytkiem receptorów D2 w jądrze ogoniastym i skorupie (STRONG 1998) oraz znacznym zmniejszeniem się liczby neuronów dopaminergicznym w istocie czarnej (TROLLOR i VALENZUELA 2001). Przypuszcza się, że zmiany te są odpowie-

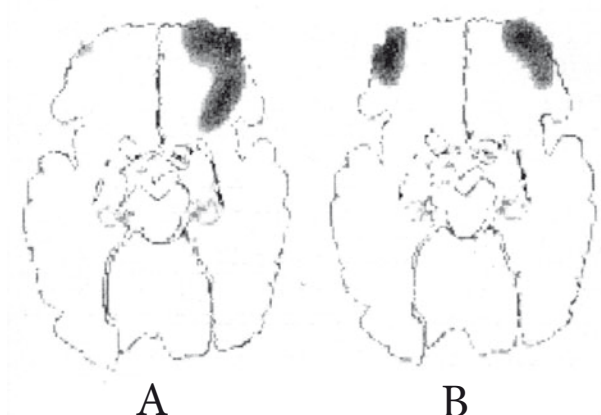
dzialne za pogorszenie wykonania zadań ruchowych przez starsze osoby (STRONG 1998, TROLLOR i VALENZUELA 2001).

Z wiekiem zmniejsza się też przepływ krwi przez struktury mózgowe oraz tempo metabolizmu, przy czym największe zmiany zaobserwowano w płatach czołowych (METCALFE 1998, REUTER-LORENZ 1999, TISSERAND i JOLLES 2003). Warto zaznaczyć, że zmiany te są widoczne zarówno w stanie spoczynku, jak i podczas wykonywania różnego typu zadań poznawczych.

Kolejna zmiana obserwowana w procesie starzenia dotyczy aktywności elektrycznej mózgu. Wykazano, że z wiekiem maleje szybkość przewodzenia pobudzenia wzdłuż włókien nerwowych, a także zwiększa się amplituda oraz latencja potencjałów wywołanych (LEZAK 1995, METCALFE 1998).

Zmiany anatomiczne i fizjologiczne, zachodzące w starzejącym się mózgu, pociągają za sobą zmiany funkcjonalne, dotyczące wzorca aktywacji. Metody neuroobrazowania, takie jak funkcjonalny rezonans magnetyczny (ang. functional magnetic resonance imaging, fMRI) czy emisyjna tomografia pozytonowa (ang. positron emission tomography, PET), pozwalają obecnie na porównanie aktywności mózgów młodych oraz starszych osób. Porównania takie sugerują istnienie różnic we wzorcach aktywacji, jednak wyniki nie są spójne: charakter obserwowanych różnic zależy od rodzaju zastosowanego zadania oraz od tego, na których strukturach mózgowych koncentrujemy naszą uwagę. Po przeanalizowaniu szeregu badań ALMKVIST (2000) wymienia pięć możliwych wyników otrzymywanych w porównawczych analizach dotyczących aktywności mózgów starszych i młodszych osób: 1) brak różnic; 2) silniejsza aktywacja u osób starszych niż u młodych; 3) słabsza aktywacja u osób starszych; 4) aktywacja podobnych regionów, bardziej rozległa u osób starszych oraz 5) mniej obszarów aktywowanych u osób starszych.

Najczęściej obserwowaną zmianą zachodzącą z wiekiem w aktywności mózgu jest jego bardziej symetryczne pobudzenie u osób starszych, widoczne zwłaszcza w korze przedczołowej. U ludzi młodych, podczas wykonywania różnego typu zadań poznawczych, często obserwuje się asymetryczną aktywację kory przedczołowej (w jednej z półkul aktywacja jest silniejsza niż w drugiej), przy czym kierunek tej asymetrii zależy od rodzaju zadania. U starszych osób natomiast asymetria ta jest znacznie osłabiona albo wręcz zanika:



Ryc. 2. Aktywacja kory przedczołowej podczas wykonywania zadania pamięciowego: prawostronna u osoby młodej (A) i obustronna u osoby starej (B).

Wg BACKMANA i współaut. 1997, zmodyfikowana.

aktywacja kory przedczołowej jest równie silna w obu półkulach (Ryc. 2). Po przeanalizowaniu wyników szeregu badań dotyczących wpływu wieku na aktywność mózgu CABEZA (2001, 2002) zaproponował model redukcji

asymetrii półkulowej u starszych osób, zwany w skrócie HAROLD (ang. Hemispheric Asymmetry Reduction in Old Adults). Model ten opisuje i próbuje wyjaśnić zjawisko bardziej symetrycznego pobudzenia kory przedczołowej w mózgach starszych osób.

Według Cabezy zmniejszenie z wiekiem asymetrii funkcjonalnej mózgu może pełnić funkcję kompensacyjną: aktywacja drugiej, niespecyficznego dla danego zadania półkuli stanowi próbę zmniejszenia deficytów poznawczych spowodowanych zaawansowanym wiekiem. W rezultacie w zadaniach, w których u młodych ludzi obserwuje się aktywację tylko jednej półkuli, u starszych osób występuje aktywacja obustronna, dzięki której osiągają oni wyniki lepsze, niż gdyby w wykonywaniu zadań uczestniczyła tylko jedna z półkul. Drugim możliwym wyjaśnieniem redukcji asymetrii półkulowej z wiekiem jest tzw. dedyferencjacja (ang. dedifferentiation). Według tej koncepcji różne funkcje poznawcze, które w młodości angażowały odrębne obszary mózgu, wskutek starzenia zaczynają odwoływać się do tych samych struktur. W tym podejściu zmniejszenie asymetrii nie pełni żadnej istotnej funkcji, jest raczej produktem ubocznym procesu starzenia.

STARZENIE POZNAWCZE

PERCEPCJA

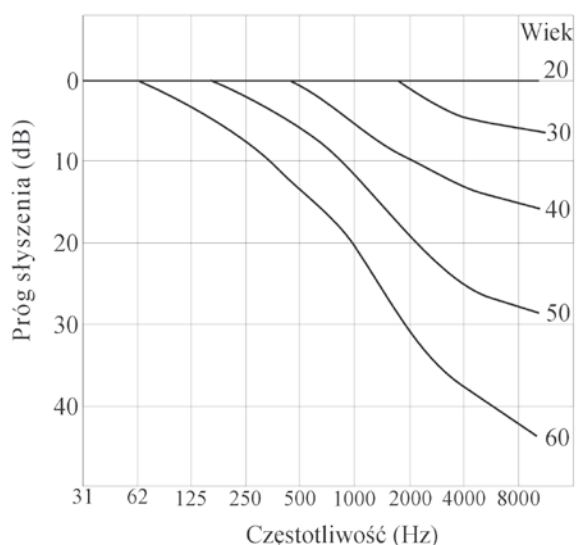
Wzrok

Ostrość wzroku, widzenie dwuoczne oraz funkcje okoruchowe zaczynają się pogarszać w wieku około 40 lat. Początkowo zmiany te są powolne, a po 60 r. życia znacząco przyspieszają (LEZAK 1995, METCALFE 1998). Zmiany zachodzące w oku to przede wszystkim zmniejszanie się elastyczności soczewek i ich żółknięcie z wiekiem. Sztywność soczewek utrudnia widzenie na małą odległość (zjawisko to nosi nazwę starczowzroczność albo *presbyopia*), a także sprawia, że oczy starszych osób gorzej adaptują się do ciemności. Żółknięcie soczewek z kolei może przyczyniać się do słabszego widzenia barw, choć niektórzy badacze donoszą, że rozróżnianie kolorów nie pogarsza się aż do bardzo późnego wieku (LEZAK 1995, METCALFE 1998, ZIMBARDO 1999). Inne zmiany, takie jak zmniejszanie się źrenicy i zmętnienie płynu w oku powodują, że do siatkówki dociera mniej światła. Wiadomo też, że z wiekiem zmniejsza się pole widzenia. Poza tym

w starszym wieku pojawiają się problemy z percepcją głębi oraz oceną pozycji poruszających się obiektów (LEZAK 1995, METCALFE 1998).

Słuch

Czułość słuchu zaczyna pogarszać się już około 30. roku życia, a w okolicach 50.-60. roku życia proces ten staje się szczególnie wyraźny (LEZAK 1995). Ubytek słuchu, pojawiający się z wiekiem i nie spowodowany czynnikami takimi jak choroba czy hałas, nosi nazwę *presbycusis* i dotyczy głównie wysokich częstotliwości (Ryc. 3) (CORSO 1971). Spadek wrażliwości słuchu pojawia się wcześniej u mężczyzn niż u kobiet; także tempo zmian poziomu słyszenia jest znacznie szybsze u mężczyzn (FROZARD i GORDON-SALANT 2001). U starszych osób obserwuje się też zjawisko zwane regresją fonematyczną (ang. phonemic regression), polegające na tym, że rozumienie mowy u tych osób jest gorsze, niż można by oczekiwać na podstawie wyników badania audiometrycznego (WINGFIELD 1999).



Ryc. 3. Ubytek słuchu w zależności od wieku i częstotliwości dźwięku. Źródło: Hill D.R. <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~hill/papers/conc/>, zmodyfikowana.

UWAGA

Uwaga jest procesem niejednorodnym; poszczególni badacze wymieniają różną liczbę jej komponentów. Jedną z klasyfikacji wyróżnia trzy funkcje uwagi: wybiórczość (ang. selective attention), czujność (ang. alertness) oraz podzielność uwagi (ang. divided attention). Wybiórczość uwagi pozwala nam na pomijanie informacji nie związanych z zadaniem, dzięki czemu możemy koncentrować się tylko na informacjach istotnych dla nas w danej chwili. Czujność umożliwia utrzymanie wysokiego poziomu uwagi w oczekiwaniu na bodziec, natomiast dzięki podzielności uwagi jesteśmy w stanie wykonywać równocześnie dwa lub więcej zadań (ZEC 1995, NĘCKA 2002b).

Uważa się, że każda z tych funkcji dotknięta jest wpływem starzenia. Duże różnice wiekowe obserwuje się w zadaniach wymagających podzielności uwagi. Oznacza to, że starsze osoby z trudnością dzielą uwagę pomiędzy dwa wykonywane jednocześnie zadania. Z wiekiem pogarsza się także wybiórczość uwagi – starsi ludzie są bardziej podatni na rozpraszające bodźce, co negatywnie wpływa na poziom wykonywania przez nich różnego typu zadań (ZEC 1995, METCALFE 1998). Również czujność, badana czasem reagowania na proste bodźce, wykazuje pogorszenie związane z wiekiem (zob. np. FOZARD i współaut. 1994, KLEIN i współaut. 2000).

PAMIĘĆ

W literaturze istnieje szereg klasyfikacji pamięci opartych o różne kryteria, np. czas przechowywania, charakter nabywanych informacji czy dostępność przechowywanych treści. Biorąc pod uwagę czas przechowywania informacji wyróżnia się trzy rodzaje pamięci: pamięć sensoryczną, krótko- oraz długotrwałą. Według klasyfikacji funkcjonalnej pamięć dzieli się na deklaratywną i proceduralną. Pamięć deklaratywna obejmuje treści, z których zdajemy sobie sprawę i zawiera wspomnienia miejsc i zdarzeń z naszego życia (nazywane pamięcią epizodyczną), a także wiedzę o faktach (pamięć semantyczną). Pamięć proceduralna natomiast obejmuje m.in. umiejętności i nawyki (REBER 2000, KOWALSKA i KUŚMIEREK 2005). Można także podzielić pamięć na operacyjną oraz trwałą. Pamięć operacyjna to pamięć istotnych w danym momencie informacji, w której możliwe jest nie tylko przechowywanie materiału, ale i przekształcanie go (WINGFIELD 1999). Pamięć trwała natomiast jest magazynem, w którym przechowywana jest dotychczasowa wiedza (MARUSZEWSKI 2002).

PARK (1999) twierdzi, że duże różnice związane z wiekiem występują w pamięci deklaratywnej, natomiast pamięć proceduralna jest stosunkowo dobrze zachowana. Starzenie dotyczy też w różny sposób pamięć epizodyczną i semantyczną. Pamięć epizodyczna pogarsza się z wiekiem, podczas gdy wiedza ogólna oraz słownictwo, przechowywane w pamięci semantycznej, pozostają względnie dobrze zachowane (METCALFE 1998). Z wiekiem pogarsza się także funkcjonowanie pamięci operacyjnej, przy czym różnice wiekowe są szczególnie widoczne, jeśli informacja musi zostać przeorganizowana, a nie tylko przechowana (METCALFE 1998).

Wyniki sugerujące pogorszenie pamięci z wiekiem przypisuje się pogorszonemu działaniu mechanizmów hamujących – do pamięci operacyjnej starszych osób przenika więcej niż w przypadku młodych informacji nie związanych z zadaniem, zakłócając prawidłowy przebieg procesów pamięciowych (ZEC 1995). Dowodem na prawdziwość tej tezy może być fakt, że starsze osoby zapamiętują zadany materiał równie dobrze jak młodzi pod warunkiem, że sytuacja uczenia nie jest rozpraszająca (LEZAK 1995).

INTELIGENCJA

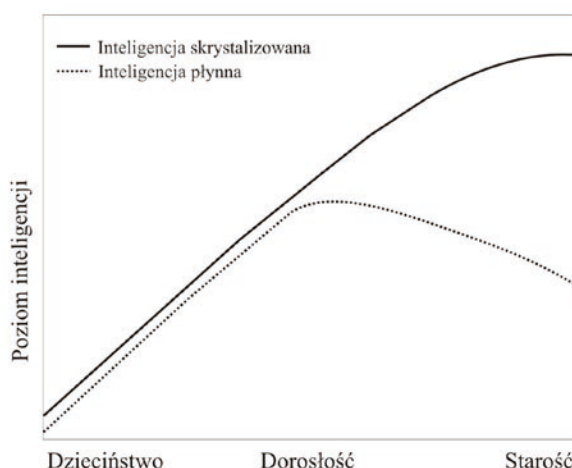
W literaturze istnieje bardzo wiele definicji i teorii inteligencji. Dla potrzeb tej pracy

będę posługiwać się nazewnictwem wprowadzonym przez CATTELLA (1971), który definiując inteligencję jako ogólną zdolność celowego działania, racjonalnego myślenia i efektywnego radzenia sobie z otoczeniem, wyróżnił dwa jej typy: płynną oraz skryształizowaną. Rozróżnienie to wydaje się szczególnie użyteczne w kontekście badań nad starzeniem, ponieważ wyniki wielu badań sugerują różny wpływ wieku na te dwa typy inteligencji.

Inteligencja płynna to zdolność dostrzegania złożonych relacji, rozwiązywania problemów i adaptowania się do nowych sytuacji, w dużej mierze uwarunkowana biologicznie i niezależna od doświadczenia jednostki (ZEC 1995, ZIMBARDO 1999, NĘCKA 2002a). Inteligencja skryształizowana zaś to wiedza i umiejętności nabyte przez jednostkę i ważne w danym kontekście kulturowym. Inteligencja skryształizowana powstaje w trakcie rozwoju, edukacji i nabywania wiedzy (NĘCKA 2002a), odzwierciedla więc informacje oferowane przez kulturę (BALTES 1993).

Ogólnie rzecz biorąc, wiek wpływa znacznie silniej na inteligencję płynną niż na inteligencję skryształizowaną. Stopniowy spadek inteligencji płynnej obserwuje się już w wieku średnim, przy czym proces ten staje się szczególnie widoczny około 50.–60. roku życia. Inteligencja skryształizowana natomiast utrzymuje się na stałym poziomie, a według niektórych badaczy nawet rośnie do około 70. roku życia (Ryc. 4) (LEZAK 1995, CHRISTENSEN 2001).

Jednym z testów najczęściej stosowanych do pomiaru inteligencji skryształizowanej jest test Wechslera (Wechsler Adult Intelligence Scale, WAIS). Składa się on z 6 skal słownych i 5 bezsłownych, na podstawie których oblicza się słowny i wykonaniowy iloraz inteligencji. Analizując wpływ wieku na te dwie zmienne stwierdzono, że zdolności werbalne nie zmieniają się znacząco z wiekiem, natomiast znaczny spadek wykonania odnotowuje się w skalach bezsłownych. Podobny wzorzec wyników obserwuje się u osób z uszkodzeniami prawej półkuli, co zainspirowało badaczy do sformułowania hipotezy, że prawa półkula mózgu starzeje się szybciej niż lewa (PARK 1999). Krytycy tej koncepcji zwrócili jednak uwagę na fakt, że test Wechslera nie służy do diagnozy neuropsychologicznej, na podstawie jego wyników nie można więc wnioskować o ewentualnych uszkodzeniach mózgu. Ponadto testy słowne i wykonaniowe różnią się nie tylko zastosowanym w nich materiałem, ale także np. czasem dostępnym



Ryc. 4. Wpływ wieku na poziom inteligencji płynnej i skryształizowanej. Źródło: <http://www.sq.4mg.com/IQage.htm>

na ich wykonanie (nieograniczonym w zadaniach werbalnych i ściśle określonym w zadaniach niewerbalnych), nowością materiału (większą w przypadku testów bezsłownych), czy też większą (w skalach bezsłownych) lub mniejszą (w testach werbalnych) koniecznością ignorowania nieistotnych cech bodźca. Wszystkie te aspekty mogą przyczyniać się do powstawania różnic związanych z wiekiem, ponieważ wiadomo, że osoby starsze opracowują informacje wolniej niż młodzi oraz że szczególnie dużo trudności sprawiają im zadania nowe, a także złożone i wymagające oddzielania informacji istotnych dla zadania od elementów nieistotnych (LEZAK 1995, PARK 1999). Hipoteza o szybszym starzeniu prawej półkuli nie została także jednoznacznie potwierdzona w badaniach wykorzystujących metodę lateralnej prezentacji bodźców, w których otrzymano taki sam wzorzec asymetrii i podobną wielkość różnic u osób starszych i młodych. Obecnie uważa się, że omawiana hipoteza była zbyt szeroka: zamiast o szybszym starzeniu całej półkuli można co najwyżej mówić o asymetrycznym starzeniu pewnych struktur i specyficznych mechanizmów mózgowych (PARK 1999).

ROZUMIENIE MOWY

W kontekście badań nad wpływem wieku na językowe porozumiewanie się najwięcej uwagi poświęcono rozumieniu mowy, ponieważ ta zdolność wykazuje największe zmiany związane z wiekiem. Dlatego w niniejszej pracy skoncentruję się na wpływie wieku na tę funkcję.

Problemy starszych osób z rozumieniem mowy są częste i nasilają się w trudnych warunkach, np. w hałasie, w pomieszczeniach z pogłosem, kiedy rozmówca mówi szybko i niewyraźnie, używa nieznanych słów i złożonego języka, a także kiedy źródło dźwięku jest maskowane przez inne źródła lub gdy pojawia się konieczność przenoszenia uwagi między różnymi źródłami dźwięku (PICHORA-FULLER i SOUZA 2003). Część tych trudności można przypisać ubytkowi słuchu dla wysokich częstotliwości, opisanemu w podrozdziale dotyczącym percepcji. Ubytek ten przyczyniać się może do występowania problemów z rozpoznawaniem spółgłosek zawierających wysokie tony, takich jak s, z, t czy f (CORSO 1971). Jednak gdy porównuje się rozumienie mowy przez osoby w różnym wieku dopasowane pod względem wielkości ubytku słuchu, różnice na niekorzyść osób starszych nadal są widoczne (CORSO 1971). Oznacza to, że ubytek słuchu nie tłumaczy wszystkich problemów starszych ludzi z percepcją mowy. Te same osoby, które słabo rozumieją mowę szybką w hałasie, mogą dobrze rozumieć mowę wolną w ciszy (PICHORA-FULLER 2003). Uważa się, że trudności starszych osób z rozumieniem mowy, których nie tłumaczy ubytek słuchu, spowodowane są spowolnieniem przetwarzania informacji oraz spadkiem pojemności pamięci operacyjnej (METCALFE 1998, WINGFIELD 1999, PICHORA-FULLER 2003). Potwierdzeniem dla tej hipotezy jest

obserwacja, że rozumienie tekstu pisanego – które w znacznie mniejszym stopniu obciąża pamięć operacyjną i nie wymaga szybkiego opracowywania informacji – praktycznie nie zmienia się z wiekiem (METCALFE 1998).

REGULACJA EMOCJI

Fakt, że w miarę upływu czasu pogarsza się nasz stan zdrowia i zdolności poznawcze, nasuwa przypuszczenie, że starzejąc się powinniśmy doświadczać coraz więcej emocji negatywnych. Tymczasem stwierdzono, że częstość doświadczenia emocji pozytywnych nie zmienia się, natomiast częstość doświadczenia emocji negatywnych zmniejsza się z wiekiem, co oznacza, że stosunek emocji pozytywnych do negatywnych rośnie na przestrzeni życia. Zjawisko to związane jest z funkcjonowaniem mechanizmów uwagi i pamięci: osoby starsze bardziej niż młodzi koncentrują uwagę na informacjach pozytywnych, lepiej je zapamiętują i przypominają sobie minione wydarzenia jako bardziej pozytywne niż młodzi. Dzieje się tak dlatego, że z wiekiem zmienia się horyzont czasowy, który wpływa na nasze cele. Kiedy perspektywa czasowa wydaje się nieskończona, dominują cele przygotowawcze, takie jak gromadzenie wiedzy czy doświadczenie nowości. Natomiast im krótszy horyzont czasowy, tym ważniejsze stają się cele emocjonalne, takie jak utrzymanie dobrego nastroju (MATHER i CARSTENSEN 2005).

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA PROCES STARZENIA

Zmiany związane ze starzeniem zachodzą w różnym tempie u poszczególnych osób. Ten sam proces u jednych przebiega szybko, u innych znacznie wolniej; są tacy, którzy do późnej starości pozostają sprawni, inni w znacznie młodszym wieku nie są w stanie obywać się bez pomocy. Dzieje się tak dlatego, że na proces starzenia wpływa cały szereg czynników, które mogą przyspieszać, spowalniać lub w inny sposób modyfikować jego przebieg. Wśród czynników tych badacze wymieniają między innymi płeć, stan zdrowia, wykształcenie i status socjoekonomiczny, aktywność i stymulację intelektualną, styl życia i styl poznawczy, aktywność fizyczną, a także cechy osobowościowe (ZEC 1995, CHRISTENSEN 2001, SKA i JOANETTE 2006). Poniżej omówię niektóre spośród tych czynników.

PŁEĆ

Płeć wpływa zarówno na tempo i charakter zmian zachodzących z wiekiem w mózgu, jak i na zmiany funkcjonowania poznawczego.

Uważa się, że zmiany spowodowane starzeniem pojawiają się wcześniej w mózgu męskim niż w kobiecym (odpowiednio w 6. i w 7. dekadzie życia, MEINZ i SALTHOUSE 1998), a także że tempo tych zmian jest szybsze u mężczyzn niż u kobiet (TISSERAND i JOLLES 2003). Zaobserwowano między innymi, że u mężczyzn stosunek objętości półkul mózgowych do objętości czaszki spada z wiekiem szybciej niż u kobiet (MURPHY i współaut. 1996), a także że wzrost objętości płynu mózgowo-rdzeniowego w przestrzeni międzyoponowej, uważany za wskaźnik atrofii korowej, jest większy u mężczyzn

(COFFEY i współaut. 1998). Wśród struktur, które starzeją się szybciej u mężczyzn niż u kobiet, wymienia się m.in. mózdek (OGURO i współaut. 1998) i jądra podstawne lewej półkuli (XU i współaut. 2000). Stwierdzono ponadto, że u mężczyzn atrofia jest szczególnie silnie zaznaczona w obszarach czołowych (zwłaszcza w prawej półkuli mózgu) i skroniowych, podczas gdy u kobiet – w płatach ciemieniowych (MURPHY i współaut. 1996, XU i współaut. 2000, TISSERAND i JOLLES 2003). Nie jest natomiast jasne, w jaki sposób płeć wpływa na starzenie hipokampa: niektórzy autorzy zaobserwowali szybsze starzenie tej struktury u mężczyzn (GOLOMB i współaut. 1993), inni zaś – u kobiet (TISSERAND i JOLLES 2003). Stwierdzono też, że u kobiet obie półkule mózgu starzeją się w podobnym tempie, podczas gdy u mężczyzn większe zmiany związane z wiekiem obserwuje się w półkuli lewej (MEINZ i SALTHOUSE 1998).

Nie wiadomo dokładnie, co przyczynia się do powstawania różnic w starzeniu się mózgu związanych z płcią. Wśród możliwych przyczyn tego zjawiska wymienia się między innymi hormony płciowe, wykształcenie oraz nałogi. Mechanizm działania tych czynników nie jest jednak w pełni poznany (OGURO i współaut. 1998, XU i współaut. 2000).

W literaturze istnieje niewiele badań dotyczących wpływu płci na starzenie poznawcze. Problem ten został podjęty przez MEINZ i SALTHOUSE'A (1998) w obszernej metaanalizie, w której autorzy analizowali wielkość pogorszenia wykonania w testach mierzących: 1) wiedzę, 2) szybkość, 3) pamięć operacyjną, 4) pamięć epizodyczną, 5) rozumowanie, 6) zdolności przestrzenne, 7) fluencję słowną oraz 8) inne zdolności. Otrzymali różnice płciowe dla testów szybkości (mierzonej np. tempem kopiowania, dopasowywania albo porównywania liter lub cyfr) oraz rozumowania (mierzonego Testem Matryc Ravena); w obydwu przypadkach pogorszenie wykonania było większe w grupie kobiet niż w grupie mężczyzn. W pozostałych testach zmiany związane z wiekiem były podobne u obu płci. Wyniki te zostały potwierdzone przez DEARY'EGO i współaut. (2004). Stwierdzono także, że u kobiet częściej niż u mężczyzn występuje upośledzenie funkcji poznawczych z wiekiem (HO i współaut. 2001). Natomiast SCHAE (1994) zasugerował, że u kobiet wcześniej pogarsza się inteligencja płynna oraz fluencja słowna, a u mężczyzn – inteligencja skryształizowana.

Jak widać, część wyników dotyczących roli płci w starzeniu poznawczym sugeruje większe pogorszenie funkcjonowania poznawczego z wiekiem u kobiet. Fakt ten tłumaczony jest różną przeżywalnością obu płci. Mężczyźni wcześniej zapadają na choroby związane z wiekiem i żyją krócej niż kobiety. Jest więc prawdopodobne, że badając osoby w zaawansowanym wieku natrafimy na grupę mężczyzn niereprezentatywną dla populacji – będą to ci, którzy dożyli późnego wieku, a więc osoby najbardziej odporne na procesy starzenia. W przypadku kobiet natomiast podobna selekcja zachodzi znacznie później. Być może to właśnie zjawisko przyczynia się do obserwowanej w badaniach nad starzeniem poznawczym przewagi mężczyzn (DEARY i współaut. 2004).

WYKSZTAŁCENIE I STYMULACJA INTELEKTUALNA

W badaniach nad starzeniem poznawczym dużo uwagi poświęca się roli takich czynników jak poziom wykształcenia, stymulująca poznawczo praca oraz stymulujące intelektualnie aktywności podejmowane w czasie wolnym (np. czytanie książek i czasopism, gry takie jak szachy czy brydż czy też nauka języków obcych). Wpływ tych czynników trudno jest rozdzielić, ponieważ zazwyczaj współwystępują ze sobą, dlatego omówię je łącznie.

Stwierdzono, że wysokie wykształcenie i stymulacja intelektualna związane są z niższym ryzykiem demencji w starszym wieku i z lepszymi wynikami osiąganymi w testach funkcjonowania poznawczego. Wpływ omawianych czynników był silniejszy dla ogólnych miar funkcjonowania poznawczego, takich jak test Mini-Mental State Examination, niż dla miar specyficznych zdolności, a także silniejszy dla inteligencji skryształizowanej niż dla inteligencji płynnej (KRAMER i współaut. 2004, MILGRAM i współaut. 2006). Stwierdzono także, że wysokie wykształcenie opóźnia pojawienie się objawów choroby Alzheimera: przy tym samym poziomie deficytów poznawczych zmiany w mózgu spowodowane tą chorobą były większe u osób lepiej wykształconych. Oznacza to, że u osoby lepiej wykształconej choroba Alzheimera musi być bardziej zaawansowana, aby dać widoczne objawy (LE CARRET i współaut. 2003). Obserwacje te doprowadziły do sformułowania hipotezy rezerw poznawczych (ang. cognitive reserve hypothesis), według której wysoki poziom wykształcenia może opóźnić pojawienie się klinicznych objawów demencji – nawet pomimo nasilających się zmian w

mózgu – prawdopodobnie dzięki zdolności mózgu do użycia dostępnych struktur neuronalnych jako rezerwy. Oznacza to, że wysoki poziom wykształcenia nie chroni raczej przed zmianami w mózgu towarzyszącymi procesowi starzenia, umożliwia jednak ich kompensację (KRAMER i współaut. 2004, MILGRAM i współaut. 2006).

Omówione podejście zakłada, że poziom wykształcenia i typ aktywności podejmowanej na przestrzeni życia wpływają na funkcjonowanie poznawcze w starszym wieku. Istnieje jednak druga ewentualność: zarówno zdobyte wykształcenie, jak i tempo starzenia poznawczego mogą zależeć od jeszcze innego czynnika, który decydować będzie i o możliwościach uczenia się w młodym wieku, i o odporności na procesy starzenia. Uważa się, że czynnikiem negatywnie wpływającym na funkcjonowanie poznawcze zarówno w młodym, jak i w starszym wieku może być fenotyp APOE4 (posiadanie genu występującego u ok. 20% populacji, związanego ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia choroby Alzheimera) albo dysfunkcja układu cholinergicznego (KRAMER i współaut. 2004, MILGRAM i współaut. 2006).

Ze względów etycznych niemożliwe jest przeprowadzenie eksperymentu, który pozwoliłby określić charakter relacji między poziomem wykształcenia a tempem starzenia poznawczego. Pośredniej odpowiedzi na to pytanie mogą natomiast dostarczyć badania na zwierzętach, w których analizuje się wpływ wzbogaconego środowiska na funkcje poznawcze i strukturę mózgu. W badaniach tych stwierdzono, że złożone środowisko wpływa na budowę i funkcję neuronów, komórek glikowych i naczyń krwionośnych w mózgu i że w przypadku komórek nerwowych zmiany te są trwałe, mogą więc stanowić podłoże rezerwy neuronalnej pojawiającej się w starszym wieku (KRAMER i współaut. 2004).

Badacze zastanawiali się także, czy stymulacja intelektualna w okresie starości może odwrócić zmiany związane ze starzeniem poznawczym. Przeprowadzono szereg badań, w których starsze osoby poddawano treningowi pamięci, rozumowania, tempa opracowywania informacji i zdolności przestrzennych. Stwierdzono, że trening poprawia funkcjonowanie starszych osób, ale efekt ten ograniczony był do trenowanej zdolności; nie obserwowano poprawy wykonania innego typu testów ani też wpływu treningu na miary funkcjonowania w życiu

codziennym (KRAMER i współaut. 2004, MILGRAM i współaut. 2006).

AKTYWNOŚĆ FIZYCZNA

Pionierskie badania nad związkiem aktywności fizycznej i funkcjonowania poznawczego w starszym wieku przeprowadziła w latach 70. W. W. Spirduso. Porównując tenisistów i biegaczy z osobami prowadzącymi siedzący tryb życia stwierdziła, że czas reagowania starszych osób zajmujących się sportem jest istotnie krótszy niż czas reakcji osób starszych prowadzących siedzący tryb życia i porównywalny do czasu reakcji młodych nieaktywnych fizycznie badanych. Od tego czasu pojawiło się bardzo wiele prac analizujących związek między aktywnością i kondycją fizyczną a starzeniem poznawczym (KRAMER i współaut. 2004).

Stwierdzono, że osoby, które częściej uprawiają lub uprawiały w przeszłości jakąś formę ruchu i mają lepszą kondycję fizyczną, osiągają wyższe wyniki w testach funkcjonowania poznawczego i wykazują mniejszy stopień zmian w korze czołowej, skroniowej i ciemieniowej, a także że prawdopodobieństwo rozwinięcia się u nich demencji jest mniejsze niż u osób mniej aktywnych fizycznie (KRAMER i współaut. 2004, 2006). Wykazano także, że trening aerobowy zwiększa objętość istoty szarej w korze czołowej i górnym płacie skroniowym i że u osób trenowanych obserwuje się poprawę wielu funkcji poznawczych (KRAMER i współaut. 2006). Ważny okazał się rodzaj treningu: poprawę funkcjonowania obserwowano po zastosowaniu ćwiczeń aerobowych, ale nie rozciągających; stwierdzono ponadto, że największą korzyść daje połączenie treningu aerobowego z siłowym. Obliczono, że żeby korzystny efekt był widoczny, pojedyncze sesje ćwiczeń muszą trwać co najmniej 30 minut, a także że ćwiczenie wpływa najkorzystniej na osoby w wieku 66–70 lat. Spośród analizowanych procesów poznawczych największy efekt aktywności fizycznej stwierdzono dla funkcji wykonawczych (COLCOMBE i KRAMER 2003).

W literaturze istnieje bardzo niewiele badań porównujących wpływ treningu fizycznego i intelektualnego na funkcjonowanie poznawcze oraz budowę i funkcjonowanie mózgu. Badanie przeprowadzone na szczurach pozwoliło stwierdzić, że te dwa rodzaje treningu oddziałują na mózg za pośrednictwem innych mechanizmów: trening fizyczny powodował zwiększenie unaczynienia, natomiast

uczenie zdolności ruchowych – wzrost liczby synaps (KRAMER i współaut. 2004). Wykazano także, że połączenie treningu fizycznego z in-

telektualnym u ludzi powoduje poprawę pamięci, większą niż dla każdego z tych treningów oddzielnie (FABRE i współaut. 2002).

MECHANIZMY STARZENIA POZNAWCZEGO

Ponieważ wyniki badań poświęconych starzeniu jednoznacznie sugerują, że funkcjonowanie poznawcze człowieka pogarsza się z wiekiem, wielu badaczy poszukuje przyczyn tego pogorszenia. W literaturze istnieje pięć głównych teorii starzenia poznawczego, z których każda podkreśla znaczenie innego czynnika, mogącego tłumaczyć te zmiany. Czynniki te to: 1) zasoby poznawcze, 2) podatność na dystrakcję, 3) funkcjonowanie płatów czołowych, 4) tempo opracowywania informacji i 5) funkcjonowanie narządów zmysłów. Poniżej przedstawie skrótowo wspomniane teorie.

ZASOBY POZNAWCZE

Niektórzy badacze sugerują, że zmiany funkcjonowania poznawczego z wiekiem spowodowane są zmniejszaniem się zasobów poznawczych takich jak uwaga czy pamięć operacyjna. Craik i Byrd są autorami koncepcji, według której za pogorszenie funkcjonowania poznawczego starszych osób odpowiedzialne są deficyty pamięci operacyjnej. Z kolei Craik i McDowd zasugerowali, że za deficyty poznawcze starszych osób może odpowiadać spadek zasobów uwagowych, jednak ta hipoteza nie została jednoznacznie potwierdzona (PARK 1999).

PODATNOŚĆ NA DYSTRAKCJĘ

Autorami kolejnej teorii wyjaśniającej pogorszenie funkcjonowania poznawczego z wiekiem są Hasher i Zacks, którzy nawiązali w swojej koncepcji do terminu hamowania (ang. inhibition). W psychologii poznawczej termin ten oznacza obniżenie poziomu wykonania, spowodowane obecnością innej informacji, nie związanej z zadaniem, a więc niejako zakłócającej (REBER 2000). Hasher i Zacks zasugerowali, że z wiekiem coraz trudniej jest nam koncentrować uwagę na informacjach związanych z zadaniem i pomijać te zakłócające. Powoduje to, że pamięć operacyjna starszych osób zajęta jest przez zakłócające informacje w stopniu większym niż pamięć operacyjna osób młodych. Innymi słowy u osób starszych w porównaniu z młodymi mniej zasobów tej pamięci jest zaangażowanych w wykonywanie właściwego za-

dania, co może przyczyniać się do gorszych wyników osiąganych przez starsze osoby w różnego typu zadaniach poznawczych (PARK 1999).

FUNKCJONOWANIE PŁATÓW CZOŁOWYCH

Związek starzenia poznawczego z funkcjonowaniem płatów czołowych opisuje hipoteza czołowa starzenia poznawczego (ang. frontal lobe hypothesis of cognitive aging). Sformułowano ją na podstawie obserwacji, że starzenie związane jest z selektywnym pogorszeniem wykonania testów wrażliwych na uszkodzenia płata czołowego. W kolejnych badaniach stwierdzono, że procesy zależne od funkcjonowania płatów czołowych, a zwłaszcza kory przedczołowej, takie jak pamięć operacyjna czy funkcje wykonawcze, wykazują większe pogorszenie z wiekiem niż procesy związane z funkcjonowaniem innych struktur mózgowych. Rola kory przedczołowej w procesie starzenia poznawczego została potwierdzona w badaniach z wykorzystaniem technik neuroobrazowania: stwierdzono, że obszar ten starzeje się szybciej niż inne zarówno pod względem struktury, jak i funkcji (WEST 1996, TISSERAND i JOLLES 2003).

TEMPO OPRACOWYWANIA INFORMACJI

Wielu badaczy zajmujących się problematyką starzenia (m.in. Salthouse, Birren, Cerella) zwróciło uwagę na spowolnienie, widoczne w wielu aspektach funkcjonowania starszych osób. SALTHOUSE (1996) jest autorem teorii starzenia poznawczego, która główny nacisk kładzie na tempo przetwarzania informacji (ang. processing-speed theory of cognitive aging). Według tej koncepcji za pogorszenie wyników starszych osób w testach poznawczych odpowiedzialny jest ogólny spadek tempa wykonywania operacji umysłowych, nazywany spowolnieniem poznawczym (ang. cognitive slowing). Spowolnienie to wpływa na poziom wykonania wszystkich zadań, niezależnie od tego, czy czas przeznaczony na ich wykonanie jest ograniczony, czy też nie. Według teorii Salthouse'a istnieją dwa mechanizmy odpowiedzialne za związek tempa przetwarzania informacji z funkcyjono-

waniem poznawczym: mechanizm ograniczonego czasu (ang. *limited time mechanism*) oraz mechanizm równoczesności (ang. *simultaneity mechanism*). Mechanizm ograniczonego czasu dotyczy zadań, dla których czas wykonania jest ograniczony. W takiej sytuacji operacje umysłowe, przebiegające w zbyt wolnym tempie, nie zostają ukończone w czasie dostępnym na wykonanie zadania. Działanie mechanizmu równoczesności zaznacza się natomiast w sytuacjach, w których informacje będące produktem wczesnych etapów przetwarzania są potrzebne na dalszych etapach pracy, jednak zostają utracone i nie są już dostępne wtedy, gdy stają się potrzebne. Utrata tych informacji może przyczyniać się do trudności z poprawnym wykonaniem zadania.

Spowolnienie tempa opracowywania informacji przypisywane jest uszkodzeniom istoty białej, pojawiającym się z wiekiem (BIRREN i FISHER 1995, TISSERAND i JOLLES 2003).

FUNKCJONOWANIE NARZĄDÓW ZMYŚLÓW

LINDENBERGER i BALTES (1994) zwrócili uwagę na widoczny u starszych osób związek zdolności poznawczych z funkcjonowaniem narządów zmysłów. Autorzy ci badali, jak z wiekiem zmienia się ostrość wzroku i słuchu oraz funkcjonowanie poznawcze, mierzone szeregiem testów. Stwierdzili, że u starszych osób istnieje bardzo silny związek między wskaźnikami funkcjonowania narządów zmysłów i funkcjonowania poznawczego, przy czym pogorszenie słuchu

było nieco silniej związane z pogorszeniem funkcji poznawczych niż osłabienie wzroku. Autorzy doszli do wniosku, że ostrość wzroku i słuchu jest podstawowym wskaźnikiem starzenia poznawczego; bardziej podstawowym niż tempo przetwarzania informacji, będące głównym elementem omówionej wyżej teorii Salthouse'a. Zauważyli też, że z wiekiem rośnie siła związku omawianych wskaźników funkcjonowania narządów zmysłów oraz zdolności poznawczych.

Na podstawie swoich obserwacji Baltes i Lindenberger sformułowali hipotezę wspólnej przyczyny (ang. *common cause hypothesis*), która zakłada, że na zmiany zarówno w funkcjonowaniu poznawczym, jak i w funkcjonowaniu zmysłów wpływa jeden wspólny czynnik, nazwany przez nich integralnością mózgu (ang. *brain integrity*).

Każda z omówionych teorii akcentuje rolę jednego czynnika w starzeniu poznawczym człowieka. Obecnie uważa się jednak, że teorie te nie wykluczają się wzajemnie, a kombinacja uwzględnionych przez nie czynników lepiej wyjaśnia zmiany związane ze starzeniem niż każdy z nich z osobna (PARK 1999). Argumentów na poparcie tej tezy dostarcza badanie SCHRETLENA i współaut. (2000), którzy wykazali, że zmiany w poziomie inteligencji płynnej można przewidzieć znacznie lepiej, gdy weźmie się pod uwagę funkcje wykonawcze, objętość płata czołowego oraz tempo opracowywania informacji, niż gdy uwzględni się tylko jedną z tych zmiennych.

PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule omówiłam zagadnienia związane z problematyką zdrowego starzenia. Opisałam, w jaki sposób starzeje się ludzki mózg i jakie zmiany zachodzą z wiekiem w funkcjonowaniu poznawczym człowieka. Omówiłam także czynniki, które mogą wpływać na przebieg procesu starzenia, a na zakończenie przedstawiłam teorie starzenia poznawczego.

Nasza wiedza na temat starzenia jest coraz szersza, wiele kwestii pozostaje jednak wciąż niejasnych. Dodatkowych badań wy-

magają związki między deficytami poznawczymi a zmianami zachodzącymi w mózgu. Ważnym tematem wydaje się też rola czynników indywidualnych, takich jak płeć czy czynniki genetyczne, w procesie starzenia. Fakt, że coraz więcej osób dożywa bardzo zaawansowanego wieku (np. 100 lat), stwarza wyjątkowe możliwości dla różnego typu badań nad długowiecznością. Przyszłe badania nad starzeniem powinny koncentrować się przede wszystkim nad poprawą jakości życia starszych osób.

NEUROPSYCHOLOGY OF COGNITIVE AGING

Summary

The increase of the proportion of elderly people in population has provoked growing interest for aging in scientific research. Two alternative approaches explaining the process of aging have been proposed. According to the first one, aging process is programmed and regulated by genes. The second approach suggests that aging is an effect of environmental insults to the organisms that induce progressive damage and, in consequence, death. Important age-related changes in human brain structure and function have been observed. The shrinkage of the brain is accompanied by an increase of white matter lesions frequency and changes in neurotransmission. In functional imaging studies the decrease of cerebral blood flow and metabolic rate has been reported as well as the reduction of hemispheric

asymmetry during cognitive tasks. Dramatical age-related changes have been also described in cognitive processes. The vision and hearing worsens and speech comprehension problems may appear. Major changes in attentional mechanisms have been observed. Fluid intelligence decreases, whereas crystallized abilities remain relatively intact. Several factors have been shown to influence the process of aging, among which sex, education and physical as well as intellectual activity through the life span have gained most attention. The age-related changes in cognition have been explained in terms of slowing of information processing speed, frontal lobe dysfunction, brain integrity or attentional and working memory deficits.

LITERATURA

- ALMKVIST O., 2000. *Functional brain imaging as a looking-glass into the degraded brain: reviewing evidence from Alzheimer disease in relation to normal aging*. Acta Psychol. 105, 255-277.
- ANDERSEN-RANBERG K., CHRISTENSEN K., JEUNE B., SKYTTHA A., VASEGAARD L., VAUPEL J. W., 1999. *Declining physical abilities with age: a cross-sectional study of older twins and centenarians in Denmark*. Age Ageing 28, 373-377.
- ANDERSEN-RANBERG K., SCHROLL M., JEUNE B., 2001. *Healthy centenarians do not exist, but autonomous centenarians do: a population-based study of morbidity among Danish centenarians*. J. Am. Geriatric Soc. 49, 900-908.
- BACKMAN L., ALMKVIST O., ANDERSSON J., NORDBERG A., WINBLAD B., REINECK R., LÅNGSTRÖM B., 1997. *Brain activation in young and older adults during implicit and explicit retrieval*. J. Cognitive Neurosci. 9, 378-391.
- BALCOMBE N. R., SINCLAIR A., 2001. *Ageing: definitions, mechanisms and the magnitude of the problem*. Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol. 15, 835-849.
- BALTES P. B., 1993. *The aging mind: potential and limits*. Gerontologist 33, 580-594.
- BIRREN J. E., FISHER L. M., 1995. *Aging and speed of behavior: Possible consequences for psychological functioning*. Ann. Rev. Psychol. 46, 329-353.
- BRZEZIŃSKA A., TREMPAŁA J., 2002. *Wprowadzenie do psychologii rozwoju*. [W:] Psychologia Podręcznik akademicki. Podstawy psychologii. STRELAU J. (red.). Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk, 229-283.
- CABEZA R., 2001. *Cognitive neuroscience of aging: Contributions of functional neuroimaging*. Scand. J. Psychol. 42, 277-286.
- CABEZA R., 2002. *Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults: The HAROLD model*. Psychol. Aging 17, 85-100.
- CATTELL R. B., 1971. *Abilities: their structure, growth, and action*. Houghton Mifflin, Boston.
- CHRISTENSEN H., 2001. *What cognitive changes can be expected with normal ageing?* Aust. N. Z. J. Psychiatry 35, 768-775.
- COFFEY C. E., LUCKE J. F., SAXTON J. A., RATCLIFF G., UNITAS L. J., BILLIG B., BRYAN R. N., 1998. *Sex differences in brain aging: a quantitative magnetic resonance imaging study*. Archiv. Neurol. 55, 169-179.
- COLCOMBE S., KRAMER A. F., 2003. *Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study*. Psychol. Sci. 14, 125-130.
- CORSO J. F., 1971. *Sensory processes and age effects in normal adults*. J. Gerontol. 26, 90-105.
- DEARY I. J., WHITEMAN M. C., STARR J. M., WHALLEY L. J., FOX H. C., 2004. *The impact of childhood intelligence on later life: following up the Scottish Mental Surveys of 1932 and 1947*. J. Pers. Soc. Psychol. 86, 130-147.
- FABRE C., CHAMARI K., MUCCI P., MASSE-BIRON J., REFAUT C., 2002. *Improvement of cognitive function by mental and/or individualized aerobic training in healthy elderly subjects*. International J. Sports Med. 23, 415-421.
- FOZARD J. L., VERCYSEN M., REYNOLDS S. L., HANCOCK P. A., QUILTER R. E., 1994. *Age differences and changes in reaction time: the Baltimore Longitudinal Study of Aging*. J. Gerontology 49, P179-P189.
- FROZARD J. L., GORDON-SALANT S., 2001. *Changes in vision and hearing with aging*. [W:] Handbook of the Psychology of Aging. BIRREN J. E., SCHAIK K. W. (red.). Academic Press, San Diego, 241-266.
- GOLOMB J., DE LEON M. J., KLUGER A., GEORGE A. E., TARSHISH C., FERRIS S. H., 1993. *Hippocampal atrophy in normal aging. An association with recent memory impairment*. Archiv. Neurol. 50, 967-973.
- HERMAN W. A., ŁACKA K., 2005. *Współczesne poglądy na etiopatogenezę procesu starzenia*. Polski Merkuriusz Lekarski 18, 96-100.
- HO S. C., WOO J., SHAM A., CHAN S. G., YU A. L., 2001. *A 3-year follow-up study of social, lifestyle and health predictors of cognitive impairment in a Chinese older cohort*. Int. J. Epidemiol. 30, 1389-1396.
- KLEIN C., FISCHER B., HARTNEGG K., HEISS W. H., ROTH M., 2000. *Optomotor and neuropsychological performance in old age*. Exp. Brain Res. 135, 141-154.

- KOWALSKA D. M., KUŚMIEREK P., 2005. *Anatomiczne podstawy pamięci*. [W:] *Mózg a zachowanie*. GÓRSKA T., GRABOWSKA A., ZAGRODZKA J. (red.). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 349–374.
- KRAMER A. F., BHERER L., COLCOMBE S. J., DONG W., GREENOUGH W. T., 2004. *Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging*. J. Gerontol., A: Biol. Sci. Med. Sci. 59, M940–M957.
- KRAMER A. F., ERICKSON K. I., COLCOMBE S. J., 2006. *Exercise, cognition, and the aging brain*. J. Appl. Physiol. 101, 1237–1242.
- LE CARRET N., LAFONT S., LETENNEUR L., DARTIGUES J.-F., MAYO W., FABRIGOLE C., 2003. *The effect of education on cognitive performances and its implication for the constitution of the cognitive reserve*. Devel. Neuropsychol. 23, 317–337.
- LEZAK M. D., 1995. *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press.
- LINDENBERGER U., BALTES P. B., 1994. *Sensory functioning and intelligence in old age: a strong connection*. Psychol. Aging 9, 339–355.
- MARUSZEWSKI T., 2002. *Pamięć jako podstawowy mechanizm przechowywania doświadczenia*. [W:] *Psychologia Podręcznik akademicki, tom 2 – Psychologia ogólna*. STRELAU J. (red.). Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk, 137–164.
- MATHER M., CARSTENSEN L. L., 2005. *Aging and motivated cognition: the positivity effect in attention and memory*. Trends Cognit. Sci. 9, 496–502.
- MEINZ E. J., SALTHOUSE T. A., 1998. *Is age kinder to females than to males?* Psychonom. Bull. Rev. 5, 56–70.
- METCALFE J. (red.), 1998. *The brain – degeneration, damage and disorder*. Springer.
- MILGRAM N. W., SIWAK-TAPP C. T., ARAUJO J., HEAD E., 2006. *Neuroprotective effects of cognitive enrichment*. Ageing Res. Rev. 5, 354–369.
- MURPHY D. G., DECARLI C., MCINTOSH A. R., DALY E., MENTIS M. J., PIETRINI P., SZCZEPANIK J., SCHAPIRO M. B., GRADY C. L., HORWITZ B., RAPOPORT S. I., 1996. *Sex differences in human brain morphometry and metabolism: an in vivo quantitative magnetic resonance imaging and positron emission tomography study on the effect of aging*. Arch. Gen. Psychiatry 53, 585–594.
- NĘCKA E., 2002a. *Inteligencja*. [W:] *Psychologia Podręcznik akademicki, tom 2 – Psychologia ogólna*. STRELAU J. (red.). Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk, 721–760.
- NĘCKA E., 2002b. *Procesy uwagi*. [W:] *Psychologia Podręcznik akademicki, tom 2 – Psychologia ogólna*. STRELAU J. (red.). Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk, 77–96.
- OGURO H., OKADA K., YAMAGUCHI S., KOBAYASHI S., 1998. *Sex differences in morphology of the brain stem and cerebellum with normal ageing*. Neuroradiology 40, 788–792.
- PARK D., 1999. *The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function*. [W:] *Cognitive Aging: a Primer*. PARK D. C., SCHWARZ R. (red.). Psychology Press, Philadelphia, 3–21.
- PICHORA-FULLER M. K., 2003. *Processing speed and timing in aging adults: psychoacoustics, speech perception, and comprehension*. Int. J. Audiol. 42, S59–S67.
- PICHORA-FULLER M. K., SOUZA P. E., 2003. *Effects of aging on auditory processing of speech*. Int. J. Audiol. 42, S11–S16.
- REBER A. S., 2000. *Słownik Psychologii*. Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa.
- RESNICK S. M., PHAM D. L., KRAUT M. A., ZONDERMAN A. B., DAVATZIKOS C., 2003. *Longitudinal magnetic resonance imaging studies of older adults: a shrinking brain*. J. Neurosci. 23, 3295–3301.
- REUTER-LORENZ P. A., 1999. *Cognitive neuropsychology of the aging brain*. [W:] *Cognitive Aging: a Primer*. PARK D. C., SCHWARZ R. (red.). Psychology Press, Philadelphia, 93–114.
- SALTHOUSE T. A., 1996. *The processing-speed theory of adult age differences in cognition*. Psychol. Rev. 103, 403–428.
- SCHAE K. W., 1994. *The course of adult intellectual development*. Am. Psychologist 49, 304–313.
- SCHRETLEN D., PEARLSON G. D., ANTHONY J. C., AYLWARD E. H., AUGUSTINE A. M., DAVIS A., BARTA P., 2000. *Elucidating the contributions of processing speed, executive ability, and frontal lobe volume to normal age-related differences in fluid intelligence*. J. Int. Neuropsychol. Soc. 6, 52–61.
- SEMSEI I., 2000. *On the nature of aging*. Mech. Ageing Dev. 117, 93–108.
- SKA B., JOANETTE Y., 2006. *Vieillessement normal et cognition*. Médecine/Science 22, 284–287.
- STRONG R., 1998. *Neurochemical changes in the aging human brain: implications for behavioral impairment and neurodegenerative disease*. Geriatrics 53 (Suppl. 1), S9–S12.
- TISSERAND D. J., JOLLES J., 2003. *On the involvement of prefrontal networks in cognitive ageing*. Cortex 39, 1107–1128.
- TROLLOR J. N., VALENZUELA M. J., 2001. *Brain ageing in the new millennium*. Aust. N. Z. J. Psychiatry 35, 788–805.
- WEINERT B. T., TIMIRAS P. S., 2003. *Invited review: Theories of aging*. J. Appl. Physiol. 95, 1706–1716.
- WEST R. L., 1996. *An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging*. Psychol. Bull. 120, 272–292.
- WINGFIELD A., 1999. *Speech perception and the comprehension of spoken language in adult aging*. [W:] *Cognitive Aging: a Primer*. PARK D. C., SCHWARZ R. (red.). Psychology Press, Philadelphia, 175–195.
- XU J., KOBAYASHI S., YAMAGUCHI S., IJIMA K., OKADA K., YAMASHITA K., 2000. *Gender effects on age-related changes in brain structure*. Am. J. Neuro-radiol. 21, 112–118.
- ZEC R. F., 1995. *The neuropsychology of aging*. Exp. Gerontol. 30, 431–442.
- ZIMBARDO P. G., 1999. *Psychologia i życie*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.