

Wydział Psychologii UW
Katedra Neuropsychologii

NATALIA GAWRON

*Koncepcja szybszego starzenia się prawej półkuli mózgu
w badaniach neuropsychologicznych*

The right hemi-aging model in neuropsychological studies

Terminem kognitywnego starzenia się określa się skojarzone z wiekiem osłabienie różnych funkcji umysłowych. Prowadzi się wiele badań neuropsychologicznych, neurobiologicznych i neuroobrazujących ukierunkowanych na zidentyfikowanie mózgowych i poznawczych mechanizmów odpowiedzialnych za starzenie się umysłu. Wśród koncepcji teoretycznych starzenia się ośrodkowego układu nerwowego (OUN) w typowym, tj. nieobciążonym chorobami mózgu, przebiegu tego procesu w chwili obecnej najczęściej wymienia się: koncepcję szybszego starzenia się płatów czołowych (*the frontal lobe hypothesis*), podobieństwa patomechanizmu starzenia się mózgu z procesem pierwotnie zwyrodnieniowym, szybszego starzenia się prawej półkuli mózgu (*right hemi-aging model*) oraz zmniejszania się z wiekiem asymetrii półkulowej (*Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults – HAROLD*) (Band, Riddenrinkhof, Segalowitz 2002; Cabeza 2002).

Niniejszy artykuł dotyczy hipotezy szybszego starzenia się prawej półkuli mózgu, jednej z pierwszych neuropsychologicznych teorii na temat dynamiki starzenia się tego organu, w chwili obecnej dość rzadko przypominanej. Odwołuje się ona do zjawiska asymetrii funkcjonalnej mózgu, gdzie lewa półkula w większym stopniu steruje zachowaniami werbalnymi, a prawa – niewerbalnymi, i zakłada bardziej nasilone efekty starzenia się ośrodkowego układu ner-

wowego w prawej półkuli mózgu. Została sformułowana na podstawie dysocjacji wykonania zadań werbalnych i niewerbalnych przez osoby w późnym wieku, u których zaobserwowano gorsze wyniki w zadaniach bezsłownych i wzrokowo-przestrzennych (Wechsler 1958 za: Hellige 1993) oraz dłuższy czas pracy lewą ręką niż prawą w zadaniach motorycznych (Goldstein, Shelly 1981; Mitru-shina, Fogel i in. 1995; Weller, Latimer-Sayer 1986). Większą różnicę pomiędzy poziomem wykonania zadań niewerbalnych i wzrokowo-przestrzennych a werbalnych u osób w 7 i 8 dekadzie życia w porównaniu z osobami młodymi stwierdzili też Goldstein i Shelly (1981). Jak się jednak okazało, starsi dorośli gorzej wykonywali prawą ręką (dominacja lewej półkuli) zadania angażujące przetwarzanie sensoryczne, a lewą (dominacja prawej półkuli) – zadania psychomotoryczne. Autorzy wywnioskowali więc, że półkule mózgu starzeją się w podobnym tempie, lecz w związku z ich czynnościowym zróżnicowaniem proces ten osłabia w nich inne funkcje. Krytycy teorii szybszego starzenia się prawej półkuli podkreślają też, że zazwyczaj umiejętności werbalne mierzy się, oceniając słownik, który jest wyuczony, a umiejętności przestrzenne zadaniami pozostającymi bez związku z wcześniejszą wiedzą, wymagającymi niestereotypowego zachowania i dlatego wyniki w nich osiągane są niższe. Pomimo to Meudell i Greenhalgh (1987) zaobserwowali u starszych dorosłych większą niż u młodych dysproporcję pomiędzy wykonaniem zadania z bodźcami przestrzennymi w stosunku do zadania z materiałem werbalnym, gdy wymagały one wnioskowania i rozumowania, a nie odpamiętywania wcześniej wyuczonych informacji.

Wymienione prace zapoczątkowały badania nad asymetrią półkulową u starszych dorosłych – w pierwszej kolejności wobec percepcji i reagowania. Spodziewano się, że jeśli prawa półkula starzeje się wcześniej, to percepcja bodźców prezentowanych do prawej półkuli (lewego pola widzenia lub lewego ucha) oraz wykonywanie zadań lewą ręką powinny być pogorszone w porównaniu z percepcją bodźców prezentowanych do półkuli lewej (prawego pola widzenia lub prawego ucha) oraz wykonywania zadań ręką prawą. Potwierdziło się to przede wszystkim dla prostych bodźców, które są przetwarzane przez każdą półkulę oddzielnie. Przykładowo w procedurze rozdzielnego słuchania starsze osoby gorzej odtwarzały materiał werbalny podawany do lewego ucha (Clark, Knowles 1973 za: Dolcos, Rice, Cabeza 2002). Gerhardstein, Peterson, Rapcsak (1998) starszym i młodszym dorosłym prezentowali do lewego lub prawego pola widzenia: a) pary obiektów identycznych, różniących się między sobą tylko perspektywą, z której były pokazane i b) pary obiektów różnych, również ujętych z różnej perspektywy. Zadaniem badanych było określenie, czy kolejne pary obiektów były różne, czy te same. U młodszych dorosłych nie stwierdzono istotnej różnicy w poprawności wykonania prób prezentowanych do lewego i prawego pola widzenia. Natomiast starsi dorośli popełniali istotnie więcej błędów w próbach podawanych

do lewego pola widzenia. Jenkins, Myerson i in. (2000) zaobserwowali u osób starszych dłuższe przetwarzanie bodźców wzrokowo-przestrzennych niż werbalnych, mniejszą pojemność pamięci krótkotrwałej dla umiejscowienia bodźców niż rozpoznawania liter oraz mniej efektywne odtwarzanie materiału wzrokowo-przestrzennego w porównaniu z werbalnym. Inne badania nie potwierdziły jednak u osób w podeszłym wieku istotnego pogorszenia funkcji związanych z prawą półkulą względem związanych z półkulą lewą (Cherry, Hellige, McDowd 1995; Dolcos, Rice, Cabeza 2002; Łuczywek, Kądziaława 2005; Park, Lautenschlager i in. 2002). Gootjes, Scheltens i in. (2007) zastosowali paradygmat rozdzielnego słuchania w dwóch grupach dorosłych – o średniej wieku 58,8 i 75,4 lat, bez zaburzeń pamięci czy innych funkcji poznawczych. U starszej stwierdzono bardziej nasilone pogorszenie zapamiętywania materiału (ciągów cyfr) podawanego do lewego ucha w porównaniu z podawanym do prawego jedynie w wariancie bez ukierunkowywania uwagi badanych na cyfry podawane do któregoś z uszu. Wcześniejsze prace (Bouma 1990 i 1997 za: Gootjes, Scheltens i in. 2007) wykazały u osób sędziwych (średnia wieku > 80 r.ż.) również istotnie gorsze zapamiętywanie materiału podawanego do lewego ucha ze skupieniem na nim uwagi. W badaniu Gootjes, Scheltens i in. (2007) istotnym mediatorem wykonania zadania bez ukierunkowania uwagi okazały się rozproszone drobne ogniska hiperintensywne w istocie białej OUN pochodzenia naczyniowego, których objętość w OUN starszej grupy była istotnie większa niż w grupie młodszej. Uważa się, że uszkodzenia te zmniejszają zasoby poznawcze i prędkość przetwarzania. Co ciekawe, zapamiętanie materiału podawanego do lewego ucha korelowało ujemnie z objętością zmian w istocie białej okolicy skroniowej półkuli lewej, natomiast do prawego – okolic czołowej i ciemieniowej obu półkul. Ujemna korelacja pomiędzy poziomem zapamiętania cyfr podawanych do ucha lewego z wiekiem jest zgodna z modelem uwagi Kinsbourne'a (1970 za: Failla, Sheppard, Bradshaw 2003), według którego każda z półkul ukierunkowuje uwagę na bodźce pochodzące z przeciwległej połowy przestrzeni lub ciała, przy czym prawa półkula również na połowę prawą. Natomiast istotna ujemna korelacja objętości zmian hiperintensywnych w lewej okolicy skroniowej z zapamiętaniem bodźców podawanych do lewego ucha może świadczyć o wadze integralności tkanek tego obszaru dla efektywnej percepcji bodźców werbalnych, szczególnie w sytuacji bez skupiania uwagi na bodźcach z lewego ucha.

Jak już wspomniano, prawa półkula mózgu pełni funkcję dominującą dla procesów uwagi. Uwaga wzrokowo-przestrzenna jest funkcją zależną w największym stopniu od tylnych obszarów płatów ciemieniowych, a uwaga percepcyjna – od brzusznej części płata ciemieniowego prawej półkuli, jak również prawego wzgórza (Cabeza, Ciaramelli i in. 2008). Większość osób praworęcznych wykazuje preferencję dla bodźców pochodzących z lewej połowy przestrzeni (por. Hel-

lige 1993). W badaniach nad uwagą wykorzystuje się często zadanie dzielenia linii (*line bisection task*) oraz zadanie chimerycznych twarzy (*chimeric-faces task*). Pierwsze polega na przekreślaniu prostych odcinków w połowie, natomiast drugie na ocenianiu emocji wyrażanych przez twarze, których lewa i prawa połowa wyrażają odmienne stany emocjonalne (np. lewa jest uśmiechnięta, a prawa nie). Preferencja dla lewej strony przestrzeni w teście przekreślania linii przejawia się w ten sposób, że neurologicznie zdrowe osoby praworęczne zwykle przekreślają je nieco bardziej na lewo od faktycznego środka, a w teście twarzy chimerycznych uznają za weselsze twarze, których lewa, a nie prawa połowa jest uśmiechnięta (Failla, Sheppard, Bradshaw 2003). Zjawisko to określane jest terminem pseudopomijania stronnego (*pseudoneglect*), nawiązując do rzeczywistego pomijania stronnego (*neglect*), występującego u pacjentów po uszkodzeniach okolicy ciemieniowo-skroniowej prawej półkuli, którzy wykazują tendencję do gorszego przetwarzania lub ignorowania bodźców z lewej połowy przestrzeni (Cabeza, Ciaramelli i in. 2008). Przykładowo prawidłowa percepcja bodźca z lewego pola wzrokowego i wykonanie w odpowiedzi na oglądany bodziec ruchu prawą ręką wymagają transferu informacji poprzez ciało modelowate. Jego uszkodzenie, atrofia lub niedorozwój przejawiają się w zadaniu dzielenia linii jako symetryczne pomijanie stronne (*symmetrical neglect*), tj. tendencja do zbaczania na lewo od faktycznego środka linii przy dzieleniu lewą ręką, a na prawo – przy dzieleniu prawą (Failla, Sheppard, Bradshaw 2003). Osłabienie preferencji lewostronnej u starszych dorosłych może świadczyć o związanej ze starzeniem się OUN atrofii ciała modelowatego (którego objętość maleje z wiekiem i następuje zachwianie integralności mieliny) lub o bardziej nasilonym przebiegu procesów starzenia się fizjologicznego w strukturach prawej półkuli (np. jądrach podstawy, Gunning-Dixon, Head i in. 1998). Istnieją prace potwierdzające to drugie zjawisko (przegląd badań w: Failla, Sheppard, Bradshaw 2003). Failla, Sheppard, Bradshaw (2003) zastosowali zadania dzielenia linii i chimerycznych twarzy w czterech kohortach wiekowych osób zdrowych: młodszych i starszych dzieci, młodych dorosłych oraz 60–70-latków. Dzielenie linii przeprowadzono dla lewej i prawej ręki rozłącznie oraz obu rąk jednocześnie. U osób 60–70-letnich zauważono symetryczne pomijanie stronne, podobnie jak u najmłodszych 5–7-latków, u których ciało modelowate jest jeszcze w fazie rozwoju, potwierdzając przypuszczenie prawdopodobnej atrofii ciała modelowatego u starszych dorosłych. Podobnie w zadaniu oburęcznego przekreślania linii najmłodsza i najstarsza grupa wykazała (choć nieistotną statystycznie) tendencję do umiejscawiania środka linii bardziej na lewo od rzeczywistego, podczas gdy u pozostałych grup była ona wyraźna. Wyniki te świadczą, zdaniem badaczy, o mniejszej u 5–7-latków i 60–70-latków dominacji prawej półkuli dla uwagi percepcyjnej niż u 10–12-latków i 20–30-latków w postaci preferencji dla lewego pola wzrokowego. W zadaniu chimerycznych twarzy

dzieci i młodzi dorośli wykazywali preferencję lewostronną, uznając za bardziej wesołe twarze, których lewa połowa była uśmiechnięta, natomiast u 60–70-latków preferencja ta miała charakter trendu. Wyniki te świadczą o osłabieniu w starości dominacji prawej półkuli dla procesów uwagi, lecz przyczyną tego zjawiska może być zarówno jej dysfunkcja, jak i dysfunkcja ciała modelowanego.

Cherry, Adamson i in. (2005) porównali korzyści i koszty przetwarzania liter jedno- lub obupółkulowo przez młodszych i starszych dorosłych. Badanym prezentowano na ekranie trzy litery: dwie umieszczone nad punktem fiksacji wzroku – jedną do lewego, a drugą do prawego pola widzenia – oraz trzecią poniżej punktu fiksacji, prezentowaną każdorazowo do jednego z pól widzenia. Zatem albo górna i dolna litera były prezentowane do jednego pola widzenia, albo do przeciwnych. Zadaniem badanych było ustalenie, czy górna litera pasuje do dolnej. W łatwiejszym wariancie zadania wszystkie trzy litery były drukowane (np. górna A i dolna A lub górna A i dolna B); w trudniejszym – górne drukowane, a dolna mała (np. górna A i dolna a lub górna A i dolna b). Najbardziej istotnych informacji dostarczyło porównanie wyników, gdy te same litery prezentowano do jednej półkuli, z wynikami, gdy te same litery były kierowane do przeciwnych półkul i dla ustalenia ich zgodności nastąpić musiał transfer informacji pomiędzy półkulami. Wcześniejsze prace pokazały, że wykonanie przez młodych i starszych dorosłych trudniejszego zadania (gdy litery różniły się czcionką) było lepsze w wariancie wymagającym współpracy obu półkul, szczególnie u osób starszych w większym stopniu niż u młodszych (Reuter-Lorenz, Stanczak, Miller 1999 za: Cherry, Adamson i in. 2005). Wyniki powyższego badania nie potwierdziły tego zjawiska. Starsza grupa dłużej wykonywała zadania angażujące współpracę obu półkul i popełniała w nich więcej błędów niż młodsza. Ponadto u młodszej obserwowano wyraźną przewagę wykonania zadania, gdy materiał adresowany był do lewej półkuli (czyli do prawego pola widzenia), natomiast u starszej przewaga, choć nie tak wyraźna, wystąpiła dla półkuli lewej (i prawego pola widzenia). U młodszej nie stwierdzono różnic w szybkości reagowania na bodźce znajdujące się w lewym lub prawym polu widzenia, natomiast starsza reagowała wolniej na bodźce w lewym polu widzenia, pomimo że w populacjach czytających i piszących od strony lewej do prawej przeważa tendencja do spontanicznego kierowania nań uwagi (Eviatar 1995 za: Cherry, Adamson i in. 2005). Zatem w przebiegu starzenia się OUN kierowanie uwagą przez prawą półkulę może być upośledzone w stopniu takim, że przeważa nawet tendencję do kierowania jej na lewą stronę, zatem wyniki starszej grupy mogą odzwierciedlać dysfunkcję prawej półkuli.

Hipoteza szybszego starzenia się prawej półkuli była również przedmiotem badań w kontekście modeli asymetrii półkulowej dla percepcji emocji, zakładających bądź dominację funkcjonalną prawej półkuli dla emocji zarówno pozytywnych, jak i negatywnych, bądź jej dominację tylko dla emocji negatywnych (Hel-

lige 1993). McDowell, Harrison, Demaree (1994) mierzyli u starszych i młodszych dorosłych adekwatność i szybkość rozpoznawania emocji wyrażanych przez twarze na fotografiach oraz oszacowanie ich natężenia. Twarze wyrażały stan zadowolenia, neutralny, smutek, gniew lub strach. Starsi dorośli mniej dokładnie oceniali, czy dana twarz wyraża emocję pozytywną czy negatywną. Większe trudności przedstawiało też dla nich rozpoznanie stanów neutralnego i wszystkich negatywnych. Twarze wesołe rozpoznawali natomiast równie poprawnie co młodszy. Podobne wyniki otrzymano w drugim wariantcie eksperymentu, w którym prezentowano twarze do lewego i prawego pola wzrokowego oddzielnie. Wyniki badania mogą świadczyć za hipotezą szybszego starzenia się prawej półkuli, jeśli przyjąć, że prawa półkula dominuje w percepcji emocji negatywnych. Natomiast jeśli przyjąć, że dominuje dla percepcji wszystkich emocji, to wyniki badania świadczą za hipotezą starzenia się prawej półkuli tylko częściowo, ponieważ nie stwierdzono pogorszenia z wiekiem przetwarzania emocji pozytywnych. Trudności z prawidłowym rozpoznawaniem emocji wyrażanych na twarzach charakteryzują również pacjentów z uszkodzeniami prawej półkuli (Hellige 1993).

Kolejny kierunek badań nad asymetrią półkulową w podeszłym wieku dotyczy efektów starzenia się każdej z półkul dla motoryki rąk. Kalish, Wilimzig i in. (2006) zauważyli u osób 70–90-letnich wyraźny zanik preferencji ręki, tj. równie częste używanie lewej i prawej ręki w trakcie wykonywania rutynowych czynności (co rejestrowano za pomocą czujników przyspieszenia ruchu kończyny, noszonych przez badanych na każdej ręce podczas eksperymentu). Pomiar ruchów precyzyjnych (posługiwanie się elektronicznym ołówkiem połączonym z elektroniczną tablicą) uwidocznił w tej grupie wiekowej bardziej zauważalne dla ręki prawej wydłużenie czasów ich wykonania i pogorszenie ich dokładności w porównaniu z ręką lewą. Weller i Latimer-Sayer (1985) odnotowali dłuższe w porównaniu z osobami młodszymi wykonanie przez seniorów lewą ręką Testu Wkładania Kołeczków (Purdue Pegboard Test, Tiffin 1948 za: de la Fuente-Fernández, Kishore i in. 2000). Test ten polega na jak najszybszym wkładaniu małych kołeczków do dziurek w deseczce. Zadanie wykonuje się w pierwszej kolejności ręką dominującą, a potem niedominującą. Podłoża dla preferencji prawej ręki u większości ludzi upatruje się w nieco wyższym poziomie dopaminy w lewym prążkowie (Tucker, Williamson 1984) oraz w większych rozmiarach lewej gałki błędnej. Najwięcej receptorów dopaminy na szlaku nigrostriatalnym znajduje się w strukturach prążkowie, tj. jądrze ogoniastym i skorupie. Skorupa jest przede wszystkim zaangażowana w wykonywanie ruchów, a jądro ogoniaste w ich planowanie i uczenie się motoryczne (de la Fuente-Fernández, Kishore i in. 2000). De la Fuente-Fernández, Kishore i in. (2000) obrazowali metodą PET aktywność dopaminergiczną w wymienionych strukturach podczas wykonywania Testu Wkładania Kołeczków przez zdrowe praworęczne osoby dorosłe. Stwierdzili m.in., że

podczas wykonania zadania obiema rękami jednocześnie, bo taki jego wariant też został przeprowadzony, to w prawym jądrze ogoniastym wystąpił wyższy poziom recepcji dopaminy niż w lewym. Uważają zatem, że wykonanie złożonych czynności motorycznych angażujących obie ręce jednocześnie ma złożone podłoże funkcjonalne, a preferencja ręki może zależeć od rodzaju zadania. Niewiele prac prowadzono w celu ustalenia, czy w przebiegu fizjologicznego starzenia się OUN dochodzi do większej atrofii prawego jądra ogoniastego w porównaniu z lewym, co umożliwiałoby wnioskowanie np. o jej związku z trudnościami osób starszych w planowaniu i realizacji złożonych czynności ruchowych. Stwierdzono jedynie bardziej zauważalne zmniejszanie się z wiekiem objętości prawej gałki błędnej w porównaniu z lewą (Gunning-Dixon, Head i in. 1998).

Hipoteza szybszego starzenia się prawej półkuli jest również rozpatrywana w badaniach nad związanym ze starzeniem osłabieniem procesów pamięciowych. Z badań klinicznych wiadomo, że prawopółkulowe uszkodzenia brzusznej kory przedczołowej powodują trudności w selekcji, porównywaniu i ocenie zapamiętywanych lub przypominanych informacji, podczas gdy uszkodzenia grzbietowo-bocznej kory przedczołowej powodują deficyty kontroli przebiegu obu tych czynności pamięciowych (Rajah, D'Esposito 2005). Bernard, Desgranges i in. (2007) u starszych dorosłych zaobserwowali dodatnią korelację odpamiętywania słów z nasileniem pobudzenia prawego dolnego zakrętu czołowego, natomiast u młodszych dorosłych jej nasilenie nie wpływało na efektywność odpamiętywania. Dennis, Daselaar, Cabeza (2007) zauważyli, że pobudzenie prawej kory przedczołowej ma znaczenie dla efektywnego skupienia uwagi podczas wykonywania czynności pamięciowych. Porównali aktywność mózgu młodych i starszych zdrowych dorosłych podczas zapamiętywania i rozpoznawania słów z różnych kategorii semantycznych, które były prezentowane seryjnie, przy czym porównywano wzorzec aktywności mózgu związany z efektywnym zapamiętaniem (tj. późniejszym prawidłowym rozpoznaniem) poszczególnych słów z danej serii oraz wzorzec dla całych serii. Zauważono, że ten ostatni u starszych dorosłych wiązał się ze słabszą aktywnością prawej kory przedczołowej niż u osób młodych, a więc, jak sądzą autorzy, z mniej efektywnym skupieniem uwagi w dłuższym przedziale czasu. Przyczyny tego zjawiska można doszukiwać się w zmniejszeniu z wiekiem poziomu dopaminy w prawej korze przedczołowej. Neuroprzekaznik ten ma znaczenie dla utrzymywania i selektywności uwagi, eliminowania dystraktorów oraz posługiwania się kontekstem podczas przypominania informacji (Míguez, Aldegunde i in. 1999; Rajah, D'Esposito 2005).

Grzbietowa i środkowa kora przedczołowa poprzez swoje połączenia z ciemieniowymi i potylicznymi obszarami korowymi oraz korą styku skroniowo-ciemieniowo-potylicznego bierze też udział w procesach wzrokowo-przestrzennych i pamięci niewerbalnej (Petrides, Pandya 2002 za: Rajah, D'Esposito 2005). Du-

arte, Henson, Graham (2007) prezentowali starszym i młodszym dorosłym dwa zestawy rysunków. Każdy rysunek był usytuowany powyżej albo poniżej punktu fiksacji wzroku. Podczas sesji sprawdzającej prowadzone były pomiary subiektywnego i obiektywnego przypominania rysunków. W pomiarze subiektywnego przypominania badani mieli za zadanie określić, czy widziany na ekranie rysunek pojawił się wcześniej podczas sesji uczenia się, czy nie, podając, czy pamiętają dokładnie, że wcześniej go widzieli, lub czy tylko wydaje się im znajomy (*remember/know paradigm*). W pomiarze obiektywnego przypominania proszeni byli natomiast o odpowiedzenie, z którego zestawu (1 czy 2) pochodzi dany rysunek oraz czy wcześniej się pojawił na górze, czy na dole od punktu fiksacji wzroku. U seniorów o wysokiej sprawności poznawczej stwierdzono równie dobre przypominanie subiektywne co u młodych dorosłych, a niższe wyniki w przypominaniu obiektywnym, angażującym odpamiętywanie kontekstu, w jakim pojawił się bodziec. Seniorzy o niskiej sprawności poznawczej osiągalni niższe od młodych wyniki w obu rodzajach przypominania. Funkcjonalny rezonans magnetyczny (*functional Magnetic Resonance Imaging – fMRI*) uwidoczniał u tej ostatniej grupy inny wzorzec pobudzenia lewego płacika ciemieniowego podczas przypominania subiektywnego niż u dwóch pozostałych (podobną siłą jego pobudzenia dla prób rozpoznanych i nierozpoznanych). Natomiast dla przypominania obiektywnego zarówno u seniorów o niskiej, jak i wysokiej sprawności umysłowej zauważono słabsze pobudzenie prawej bocznej kory przedczołowej, przy czym u tych o wysokiej sprawności również dodatkowe pobudzenie środkowej i brzusznej części prawego płata czołowego (które nie wystąpiło u osób młodych), korelujące dodatnio z wynikami przypominania obiektywnego, jak również dodatkowe pobudzenie lewej kory przedczołowej. Owo pobudzenie środkowej i brzusznej części prawego płata czołowego interpretowane jest przez autorów badania jako kompensujące deficyty funkcjonalne innych obszarów OUN. Obszar ten odgrywa rolę w przetwarzaniu informacji związanych z własnymi myślami i uczuciami, a pacjenci z jego uszkodzeniem ujawniają deficyty tzw. metapamięci, tj. dokonywania prawidłowych sądów na temat własnej aktywności pamięciowej. Być może, jego pobudzenie u osób w młodszym wieku nie jest konieczne dla prawidłowego odpamiętywania, niemniej wydaje się korzystne w wieku podeszłym. Tym samym trudno odpowiedzieć na pytanie, czy wyniki badania Duarte, Henson, Graham (2007) mogą być poparciem dla koncepcji szybszego starzenia się prawej półkuli, a w szczególności – prawego płata czołowego, gdyż zmiany jego pobudzenia pojawiły się zarówno u seniorów o wysokiej, jak i niskiej sprawności umysłowej. Wyniki te przemawiają raczej za istnieniem różnych wzorców czynności kory przedczołowej dla procesów pamięciowych w mniej i bardziej optymalnym przebiegu kognitywnego starzenia się.

Na zmiany asymetrii funkcjonalnej z wiekiem wskazują też badania coraz bardziej popularną metodą pomiaru potencjałów wywołanych (*event-related po-*

tentials – ERPs). Rejestruje się tu zmiany bioelektryczne OUN, jakie powstają w wyniku wywołania, tj. sprowokowania jego aktywności pod wpływem bodźców: wzrokowych, słuchowych i czuciowych. Endogenne potencjały wywołane są grupą potencjałów wywołanych, które się pojawiają niezależnie od rodzaju zastosowanego bodźca. Często badanym jest załamek P300 (p – od *positive*, dodatni), pojawiający się po 250–350 ms, gdy zastosowany bodziec jest nieoczekiwany oraz przy braku oczekiwanego zdarzenia. Latencja załamka P300 wydłuża się z wiekiem. Może być on generowany w przyśrodkowej części płata skroniowego. Wiadomo też, że jego latencja i amplituda zależą od poziomu acetylocholin w OUN. Obniżenie poziomu tego neuroprzekaźnika powoduje wydłużenie latencji i zmniejszenie amplitudy P300. Wykazano m.in. korelację pomiędzy amplitudą załamka P300 a objętością kory płatów czołowych podczas wykonywania zadań automatycznych oraz amplitudą załamka P300 a objętością kory płatów ciemieniowych podczas wykonywania zadań wymagających natężenia uwagi (Studen 1998). Uważa się, że amplituda załamka P300 odzwierciedla zaangażowanie zasobów uwagi podczas wykonywania czynności pamięciowych. U osób starszych, z typowym dla wieku osłabieniem pamięci, wykazano zmniejszenie odpowiedzi nie tylko okolicy czołowej prawej półkuli, ale również grzbietowo-bocznej prawego płata ciemieniowego (Anderer, Saletu i in. 2006).

W badaniach neuropsychologicznych nad starzeniem się umysłu nawiązuje się do hipotezy szybszego starzenia się prawej półkuli również z uwagi na podobieństwo deficytów poznawczych obecnych u osób w podeszłym wieku starzejących się typowo (bez otępienia) oraz pacjentów z uszkodzeniami prawej półkuli mózgu (*right hemisphere damage* – RHD) (Klisz 1978 za: Dolcos, Rice, Cabeza 2002). Podobieństwo to jest zauważane szczególnie w zakresie złożonych procesów językowych (Juncos-Rabadán, Pereiro, Rodríguez 2005). Pacjenci z RHD mają trudności w rozumieniu niestereotypowych znaczeń słów i związków pomiędzy słowami (metafor słownych, przysłów, humoru, ironii), trudności z łączeniem informacji w spójną i logiczną całość na podstawie kontekstu, prawidłowym organizowaniem wypowiedzi, tak by podawane w niej informacje były spójne, na temat i logicznie uporządkowane, wnioskowaniem z tekstu, jak również trudności z odczytywaniem i przekazywaniem pragmatycznych aspektów wypowiedzi (adekwatna do sytuacji i treści wypowiedzi prozodia, mimika i gestykulacja, kolejność zabierania głosu, wrażliwość na treść wypowiedzi współrozmówców (Łojek 2007). Olszewski i Tłokiński (2004) zauważyli następujące uchybienia zasadom konwersacji prezentowane przez starsze osoby, utrudniające im wzajemne zrozumienie się: nieprawidłowy, mylący odbiorcę dobór słów, brak wycucia co do tego, kiedy zacząć i skończyć wypowiedź, brak wycucia, ile powinna ona trwać, tak by wszyscy rozmówcy mogli brać w rozmowie porównywalny udział, brak reakcji na wypowiedzi innych osób, naruszanie zasad społecznych (spoufa-

lanie się, używanie nieodpowiednich i niegrzecznych zwrotów, wygłaszanie nie stosownych dowcipów, nadużywanie powiedzonek i przysłów), nieodpowiedni ton głosu i tempo wypowiedzi, częste „myślenie na głos”, tj. wygłaszanie myśli niepasujących do tematu rozmowy i bez uwzględnienia tego, czy rozmówcę akurat one mogą interesować, a także sarkazm. Zaburzenia pragmatyki wypowiedzi charakteryzują również pacjentów z RHD (Łojek 2007). Znane jest mi jednak tylko jedno badanie, w którym bezpośrednio porównano zaburzenia językowe starszych dorosłych i pacjentów z RHD. Mackenzie, Begg i in. (1999) badali tu: rozumienie synonimów, dyskursu i metafor językowych, wnioskowanie z tekstu, opisywanie rysunku (liczbę wypowiedzianych sądów, komentarzy i dygresji, informatywność wypowiedzi) oraz pragmatykę prowadzenia konwersacji (inicjowanie dialogu i respektowanie kolejności zabierania głosu, długość wypowiedzi, zgodność wypowiedzi z tematem, spójność wypowiedzi, intonację, wyraz twarzy i kontakt wzrokowy) w dwóch grupach wiekowych osób zdrowych i z RHD: 40–74 i 75–88-letnich. Rozumienie i nadawanie złożonych komunikatów przez zdrowe osoby 75–88-letnie i z RHD nie różniły się pod względem większości wymienionych aspektów. Podobny wynik otrzymano w porównaniach młodszej i starszej grupy z RHD.

Zdrowi starsi dorośli i pacjenci z RHD mają też trudności z rozumieniem humoru. Suls (1972 za: Uekermann Channon, Daum 2006) wyróżnił dwa etapy procesu intelektualnego prowadzącego do zrozumienia absurdu lub dwuznaczności. Pierwszy polega na wychwyceniu niepasującego, absurdalnego elementu, a drugi na jego zrozumieniu. Proszeni o dopasowanie zakończenia dowcipów pacjenci z RHD częściej wybierali te absurdalne i śmieszne, ale niepasujące do kontekstu dowcipu, natomiast pacjenci z uszkodzeniami półkuli lewej wybierali zakończenia sensem pasujące do kontekstu dowcipu, ale nieśmieszne. Wywnioskowano zatem, że lewa półkula wychwytyuje humor, a prawa rozumie jego sens. Jak pokazały badania z wykorzystaniem metod neuroobrazowania, percepcja humoru (poczucie, że dowcip jest śmieszny i zabawny) wiąże się z pobudzeniem brzusznej środkowej części płatów czołowych i mózdzku. Z wiekiem obniżają się możliwości rozumienia sensu dowcipów (co może świadczyć o dysfunkcji prawej półkuli), nie zmienia się natomiast umiejętność odczuwania, że coś nas śmieczy (Uekermann, Channon, Daum 2006). Słabnie też umiejętność wyboru właściwych point dowcipów. W badaniu Shammi i Stuss (2003) starsi dorośli istotnie częściej niż młodszy wybierali zakończenia nieśmieszne lub śmieszne, ale nieadekwatne. Ponieważ wykonanie tych zadań przez starszych dorosłych okazało się skorelowane dodatnio z uzyskanymi przez nich wynikami testów do pomiaru funkcji wykonawczych, wywnioskowano, że prawdopodobnie poznawcza komponenta rozumienia dowcipów wiąże się z poziomem aktywności przedczołowej kory grzbietowo-bocznej, który jest obniżony u osób w podeszłym wieku. Podo-

ne wyniki podają Uekermann, Channon, Daum (2006), którzy porównywali reagowanie afektywne na humor językowy oraz jego rozumienie przez osoby młode, w średnim wieku i starsze. Badani mieli za zadanie wybrać zabawną i pasującą do dowcipu pointę z czterech podanych, które były następujące: a) dowcipna i adekwatna do tekstu dowcipu, b) dowcipna, ale niepasująca, c) logiczna i d) nielogiczna. Badano też ogólne rozumienie treści dowcipu oraz jego sensu z punktu widzenia jego bohaterów. Najstarsza grupa (osoby po 60 r.ż.) w porównaniu z pozostałymi wybierała istotnie częściej zakończenia nieprawidłowe (logiczne, ale nieśmieszne lub dowcipne, ale niepasujące). Oceniali też zakończenia logiczne i właściwe (dowcipne) jako mniej logiczne i mieli, w porównaniu z młodszymi grupami, większe trudności w wytłumaczeniu sensu dowcipów z perspektywy jego bohaterów. Grupy nie różniły się natomiast pod względem zrozumienia treści dowcipów. Analizując otrzymane wyniki, autorzy badania nawiązują do hipotezy szybszego starzenia się prawej półkuli (lub prawego płata czołowego) z uwagi na obecność u przebadanych zdrowych neurologicznie osób po 60 r.ż. deficytów przyjmowania cudzej perspektywy, charakterystycznych też dla niektórych pacjentów z RHD.

Podsumowując, badania neuropsychologiczne wskazują na obecność w podeszłym wieku deficytów funkcji poznawczych utożsamianych z prawą półkulą, a badania neuroobrazujące – na zmiany jej wzorca czynnościowego. Nie ma jednak wielu dowodów na to, że przeważają zmiany czynnościowe w lewej półkuli, a będące ich efektem deficyty poznawcze mają większe znaczenie w ogólnym obrazie zmian poznawczych charakteryzujących starzenie. Ponadto skojarzony z wiekiem zanik tkanek jest w homologicznych obszarach półkul porównywalny (Brickman, Habeck i in. 2007; Sowell, Thompson, Toga 2004). Jak dotąd, bardziej spójne i jednoznaczne wyniki badań neuropsychologicznych na poparcie hipotezy szybszego starzenia się prawej półkuli otrzymano dla procesów percepcji prostych bodźców oraz uwagi, natomiast bardziej złożone funkcje umysłowe, jak np. odpamiętywanie informacji z pamięci epizodycznej oraz rozumienie i nadawanie złożonych komunikatów oraz wypowiedzi wieloznacznych czy właściwe posługiwanie się pragmatyką mowy, są rozważane również w ramach hipotez o skojarzonych z wiekiem zmianach organizacji czynnościowej płatów czołowych.

BIBLIOGRAFIA

- Anderer P., Saletu B., Semlitsch H.V., Pascual-Marqui R.D. (2003). *Non-invasive localization of P300 sources in normal aging and age-associated memory impairment*. „Neurobiology of Aging”, 24: 463–479.
- Band G. P. H., Riddenkof K.R., Segalowitz S. (2002). *Explaining neurocognitive aging: is one factor enough?*. „Brain and Cognition”, 49: 259–267.

- Bernard F.A., Desgranges B., Eustache F., Baron J.-C. (2007). *Neural correlates of age-related verbal episodic memory decline: a PET study with combined subtraction/correlation analysis*. „Neurobiology of Aging”, 28: 1568–1576.
- Brickman A., Habeck C., Zarahn E., Flynn J., Stern Y. (2007). *Structural MRI covariance patterns associated with normal aging and neuropsychological functioning*. „Neurobiology of Aging”, 28: 284–295.
- Cabeza R. (2002). *Hemispheric asymmetry reduction in old adults: the HAROLD model*. „Psychology and Aging”, 17: 85–100.
- Cabeza R., Ciaramelli E., Olson I. R., Moscovitch M. (2008). *The parietal cortex and episodic memory: an attentional account*. „Nature Reviews”, 9: 613–625.
- Cherry B.J., Adamson M., Duclos A. i Hellige J. B. (2005). *Aging and individual variation in interhemispheric collaboration and hemispheric asymmetry*. „Aging, Neuropsychology, and Cognition”, 12: 316–339.
- Cherry B. J., Hellige J. B., McDowd J. M. (1995). *Age differences and similarities in patterns of cerebral hemispheric asymmetry*. „Psychology and Aging”, 10: 191–203.
- de la Fuente-Fernández R., Kishore A., Calne D. B., Ruth T. J., Stoessl A. J. (2000). *Nigrostriatal dopamine system and motor lateralization*. „Behavioural Brain Research”, 112: 63–68.
- Dennis N. A., Daselaar S., Cabeza R. (2007). *Effects of aging on transient and sustained successful memory encoding activity*. „Neurobiology of Aging”, 28: 1749–1758.
- Dolcos F., Rice H., Cabeza R. (2002). *Hemispheric asymmetry and aging: right hemisphere decline or asymmetry reduction*. „Neuroscience and Behavioral Reviews”, 26: 819–825.
- Duarte A., Henson R., Graham, K. S. (2007). *The effects of aging on the neural correlates of subjective and objective recollection*. „Cerebral Cortex”, doi:10.1093/cercor/bhm243
- Failla C. V., Sheppard D., Bradshaw J. L. (2003). *Age and responding-hand related changes in performance of neurologically normal subjects on the line-bisection and chimeric-faces task*. „Brain and Cognition”, 52: 353–363.
- Gerhardstein P., Peterson M.A., Rapsak S. Z. (1998). *Age-related hemispheric asymmetry in object discrimination*. „Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology”, 20: 174–185.
- Goldstein G., Shelly C. (1981). *Does the right hemisphere age more rapidly than the left?*. „Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology”, 3: 65–78.
- Gootjes L., Scheltens P., Van Strien J. W., Bouma A. (2007). *Subcortical white matter pathology as a mediating factor for age-related decreased performance in dichotic listening*. „Neuropsychologia”, 45: 2322–2332.
- Gunning- Dixon F. M., Head D., McQuain J., Acker J. D., Raz N. (1998). *Differential aging of the human striatum: a prospective MR imaging study*. „American Journal of Neuroradiology”, 19: 1501–1507.
- Hellige J. B. (1993). *Hemispheric asymmetry. What's right and what's left*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Jenkins L., Myerson J., Joerding J. A., Hale S. (2000). *Converging evidence that visuospatial cognition is more age-sensitive than verbal cognition*. „Psychology and Aging”, 15: 157–175.
- Juncos-Rabadán O., Pereiro A., Rodríguez M.S. (2005). *Narrative speech in aging: Quantity, information content, and cohesion*. „Brain and Language”, 95: 423–434.
- Kalisch T., Wilimzig C., Kliebel N., Tegenthoff M., Dinse H. R. (2006). *Age-related attenuation of dominant hand superiority*. Plos One, 1, e 90. doi:10.1371/journal.pone.0000090
- Łojek E. (2007). *Bateria Testów do Badania Funkcji Językowych i Komunikacyjnych Prawej Półkuli Mózgu RHLB-PL. Podręcznik*. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych.
- Łuczywek E., Kądziaława D. (2005). *Funkcjonowanie poznawcze polskich stulatków z perspektywy neuropsychologicznej*. W: K. Jodzio (red.), *Neuralny świat umysłu* (s. 145–166). Kraków: Impuls.
- Mackenzie C., Begg T., Les K. R., Brady, M. (1999). *The communication effects of right brain damage on the very old and the not so old*. „Journal of Neurolinguistics”, 12: 79–93.
- McDowell C. L., Harrison D.W., Demaree H. A. (1994). *Is right hemisphere decline in the perception of emotion a function of aging?*. „International Journal of Neuroscience”, 79: 1–11.

- Meudell P. R., Greenhalgh M. (1987). *Age related differences in left and right hand skill and in visuo-spatial performance: their possible relationships to the hypothesis that the right hemisphere ages more rapidly than the left.* „Cortex”, 3: 431–45.
- Mitrushina M., Fogel T., D’Elia L., Uchiyama C., Satz P. (1995). *Performance on motor tasks as an indication of increased behavioral asymmetry with advancing age.* „Neuropsychologia”, 33: 359–364.
- Míguez J. M., Aldegunde M., Paz-Valiñas L., Recio J., Sánchez-Barceló E. (1999). *Selective changes in the contents of noradrenaline, dopamine and serotonin in rat brain areas during aging.* „Journal of Neural Transmission”, 106: 1089–1098.
- Olszewski H., Tłokiński W. (2004). *Pragmatic aspects of the discourse of the elderly.* „Acta Neuropsychologica”, 2: 52–69.
- Park D. C., Lautenschlager G., Hedden T., Davidson N. S., Smith A. D., Smith P. K. (2002). *Models of visuospatial and verbal memory across the life span.* „Psychology and Aging”, 17: 299–320.
- Rajah N., D’Esposito M. (2005). *Region-specific changes in prefrontal function with age: a review of PET and fMRI studies on working and episodic memory.* „Brain”, 128: 1964–1983.
- Shammi P., Stuss D. T. (2003). *The effects of normal aging on humor appreciation.* „Journal of the International Neuropsychological Society”, 9: 855–863.
- Sowell E. R., Thompson P. M., Toga A. W. (2004). *Mapping changes in the human cortex throughout the span of life.* „The Neuroscientist”, 10: 372–392.
- Steuden M. (1998). *Przegląd technik badawczych ośrodkowego układu nerwowego.* W: A. Herzyk, D. Kądziaława (red.), *Związek mózg–zachowanie w ujęciu neuropsychologii klinicznej* (s. 37–60). Lublin: UMCS.
- Tucker D. M., Williamson P. A. (1984). *Asymmetric neural control systems in human self-regulation.* „Psychological Review”, 91: 185–215.
- Uekermann J., Channon S., Daum I. (2006). *Humor processing, mentalizing, and executive function in normal aging.* „Journal of the International Neuropsychological Society”, 12: 184–191.
- Weller M. P., Latimer-Sayer D. T. (1985). *Increasing right-hand dominance with age on a motor skill task.* „Psychological Medicine”, 15: 867–882.

SUMMARY

The article reviews neuropsychological evidence regarding brain and cognitive normal healthy aging with reference to the right hemi-aging model. This hypothesis predicts that cognitive functions largely dependent on the right hemisphere decline in aging to a greater extent than functions dependent on left hemisphere. It has been developed on the grounds of the observed in the old age greater nonverbal than verbal functioning decline, worse left field different modalities stimulus perception, and slower simple motor tasks performance with the left hand in comparison to the right. The hemi-aging model is also considered in light of similar disorders in right hemisphere damage and healthy aging regarding speech comprehension and production as well as speech pragmatics. On the other hand most of anatomical and volumetric studies on brain aging bring evidence of comparable in both hemispheres age-related morphological and volumetric losses of tissue, whereas functional imaging – of functional hemispheric asymmetry decline.