

CZESŁAW S. NOSAL*

Jak starzeje się umysł?

Starzenie się inteligencji

Wskutek starzenia się mózgi i umysły ludzi podlegają procesom stopniowego obniżania się ich sprawności lub nagłej dezorganizacji z powodu zmian chorobowych. W odniesieniu do mózgu nasza niewiedza jest ogromna, ponieważ nie znamy jeszcze dokładnie przyczyn i mechanizmów neurodegeneracji. Znacznie więcej wiemy jednak o jej różnych objawach, widocznych w funkcjonowaniu umysłów. Mózgi i umysły nie są systemami jednorodnymi. Różnice indywidualne obejmują w nich zarówno ogólną morfologię mózgu, neuronalne mechanizmy, jak też dyspozycje umysłowe reprezentowane przez inteligencję ogólną, zdolności specjalne i szerokie spektrum poznawania, od percepcji do złożonego myślenia. Starzenie mózgu zaczyna się w bazie neuronalnej, co w dalszej konsekwencji wpływa na powstawanie zakłóceń w przebiegu elementarnych i złożonych procesów poznawczych.

Do procesów elementarnych należą zmiany w dynamice uwagi, pamięci krótkotrwałej, roboczej, asocjacyjnej i trwałej. W gruncie rzeczy sprawne funkcjonowanie umysłu opiera się na zsynchronizowaniu działania tych podstawowych mechanizmów łączących uwagę z wszystkimi rodzajami pamięci. Ich centralną część stanowi pamięć robocza, integrująca informacje napływające do niej z dwóch kierunków, tj. od strony tego, czego dostarczają rezultaty zmiennych stanów uwagi, utrwalanych przejściowo w pamięci krótkotrwałej, i od strony struktur wiedzy oraz doświadczenia gromadzonego w pamięci trwałej. Jednakże dostęp do tych struktur nie jest możliwy bezpośrednio, lecz poprzez pamięć asocjacyjną. Gdy pamięć robocza, *via* system asocjacyjny, działa niezawodnie, szybko i trafnie, nawet nie zauważamy jej istotnej roli. Z chwilą jednak, gdy potrzebna informacja (np. nazwisko, wzór, termin) nie pojawia się, chociaż wiemy, że tkwi ona w pamięci trwałej, dostrzegamy istotną rolę mechanizmów pamięci asocjacyjnej, utrudniających lub blokujących procesy poznawcze wyższego rzędu. Umysł starzeje się „od środka”, tj. od strony węzła sieci neuronalnej łączącej pamięć krótkotrwałą z roboczą i asocjacyjną.

Umysł działa jako system początkowo ograniczony¹, tj. od strony uwagi, pamięci trwałej, intuicji i kontroli poznawczej. Funkcję operacyjnego centrum pełni w nim pa-

* Prof. dr hab. Czesław S. Nosal (cnosal@swps.edu.pl), SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny, II Wydział Psychologii, Filia we Wrocławiu

¹ Ograniczenia te przedstawiłem dokładniej w innych pracach (Nosal 2010, 2011).

mięć robocza. W jej ramach integrowane są różne rezultaty cząstkowe i zachodzi regulacja poprzez mechanizmy metapoznawania², determinujące kontrolę poznawania. Innymi słowy, przebieg każdego elementarnego procesu jest regulowany przez pamięć roboczą, ponieważ jeden z jej istotnych mechanizmów łączy się z metapoznawaniem. Związana z nim kontrola poznawcza włącza się spontanicznie, gdy wykryta zostaje rozbieżność, nie osiągnięto zamierzonego rezultatu. Powtarzane są wtedy różne cykle poznawania, determinujące strategiczną sprawność tego procesu, przebieg kontroli i korygowanie błędów. Jeśli regulacja zawodzi, pojawia się sztywność poznawcza, uporczywie powtarzany jest ten sam błąd, przebieg kontroli staje się „ślepy” na rozbieżności. Druga skrajność polega na tym, że poznawanie staje się chaotyczne, zanikają lub przerywane są ciągi operacji poznawczych, powstają luki, zanika ukierunkowanie, nie są wzbudzone heurystyki kompensujące trudności. Sprawne funkcjonowanie umysłu wyraża się tym, że wszystkie cztery kierunki przetwarzania i rodzaje ograniczeń są w nim równoważone. W starzejącym się umyśle zachodzą natomiast procesy zakłócania tej równowagi w różnej postaci. Zrównoważone funkcjonowanie umysłu opiera się na synchronizacji wymienionych powyżej procesów uwagi i form pamięci. Zakłócenie synchronizacji powoduje funkcjonalny rozpad tych procesów.

Sztywność *versus* chaotyczność poznawania nie jest specyficzna tylko dla starzejącego się umysłu. Te przeciwstawne bieguny dotyczą naturalnych trudności w blokowaniu regulacji poznawania, które mogą się jednak nasilać wraz z wpływem wieku. Zwięźle rzecz ujmując, rozwój umysłowy obejmuje procesy kształtowania się różnych, coraz bardziej złożonych, form metapoznawania, kontroli poznawczej, nabywania strategii i heurystyk, realizowanych poprzez mechanizmy pamięci roboczej. Z kolei zaś odwrotność tego procesu, czyli dezorganizacja funkcjonowania umysłu, może być bardziej lub mniej rozległa w zależności od tego, jakie jest tempo zmian neurodegeneracyjnych. Przy powolnych zmianach zachowana zostaje struktura umysłu jako całości, jakkolwiek spada tempo przetwarzania. Struktura ta warunkuje w miarę normalne – dostatecznie spójne funkcjonowanie umysłu aż do późnej starości. Zbyt duże tempo tych zmian powoduje jednak „rozpadanie się” umysłu, które przybierać może różne formy.

Synteza wiedzy o pamięci roboczej, przedstawiona przez jej czołowego badacza, pokazuje kluczowe znaczenie jej mechanizmów dla umysłu jako całości (Baddley 1989, 2012), zarówno w jego bieżącym, zmiennym funkcjonowaniu, jak też jako podstawy takich dyspozycji umysłowych, jak inteligencja ogólna i zdolności specjalne. W badaniu procesów starzenia się umysłu główne dane empiryczne uzyskujemy nadal, koncentrując się na dynamice komponent inteligencji. Jednakże charakteryzując umysł przez przy-

² Pojęcie metapoznawania wprowadził Flavell (1979) do opisu skoku rozwojowego w powstawaniu kontroli poznawczej.

mat inteligencji ogólnej, trzeba mieć na uwadze, że nie jest ona jakąś prostą cechą, lecz zbiorem mechanizmów.

Z przedstawionego dotychczas opisu umysłu jako systemu wynika, że zasadnicze znaczenie dla jego integracji mają mechanizmy pamięci roboczej i pamięci asocjacyjnej, dzięki którym sprawnie regulowane są procesy poznawcze: percepcji otoczenia, uczenia się nowych wzorców zachowania, wykrywania i rozwiązywania problemów, tj. różnych form myślenia. Taki, dość formalny, opis mechanizmów „przetwarzania” nie jest jednak pełny, ponieważ abstrahuje się w nim od treści tego, co jest przetwarzane, tj. od wiedzy, strategii, struktur pojęciowych, czyli od kategorii semantycznych w obrębie nabytej wiedzy ogólnej i doświadczenia osobistego. W starzejącym się umyśle dezorganizacji ulega jego formalna struktura, powiązania wewnątrz mechanizmów poznawania, ale o stopniu tej dezorganizacji wnioskujemy pośrednio na podstawie treści zadań, wymagających różnej wiedzy i sprawności umysłowych.

Niejednorodność struktury inteligencji

Wnioskowanie o poziomie rozwoju umysłowego i jego zmianach w postaci wzrostu lub spadku różnych funkcji poznawczych jest znane w psychologii od początków XX wieku, gdy Charles Spearman (1904) na drodze analiz statystycznych wyodrębnił inteligencję ogólną (czynniki *g*; ang. *general factor*). Od tego czasu rozpoczęto systematyczną diagnozę i pomiar szczegółowych funkcji poznawczych składających się na inteligencję. Dalszy postęp badań w tym zakresie wiązał się ściśle ze skonstruowaniem wielowymiarowych skal do pomiaru różnych komponent inteligencji. Najbardziej znana w świecie skala do pełnej diagnozy inteligencji opracowana została przez Dawida Wechslera³. Już na początku badań nad inteligencją wykryto niejednorodność tempa rozwoju/deterioracji umysłowej, wprowadzając systematyczne poprawki, uwzględniające różne zaburzenia kliniczne i starzenie się w ocenianiu rezultatów testów stosowanych do pomiaru inteligencji (Kowalik 1993, Wechsler 1958, 1961). Analizując zmienność inteligencji w relacji do wieku życia dostrzeżono, że tworzące ją funkcje umysłowe ulegają deterioracji w różnym tempie.

Dalszy istotny postęp w ocenie funkcji inteligencji nastąpił, gdy odkryto (Cattell 1963), że czynnik ogólny *g* nie jest jednorodny, zawiera dwie składowe, tj. inteligencję płynną (*general fluent* – *gf*) i skryształizowaną (*general cristallized* – *gc*). Pierwszy z nich, silniej związany z determinacją genetyczną, dotyczy tempa i niezawodności neurotransmisji impulsów w sieciach neuronalnych, drugi obejmuje natomiast różne „skryształizowane” rezultaty w postaci utrwalonej wiedzy ogólnej, szczegółowych informacji, systemów pojęciowych, heurystyk i strategii poznawczych. Tak więc umysły mają

³ Adaptację tej skali do polskich warunków kulturowych opracował zespół psychologów z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza pod kierunkiem prof. Jerzego Brzezińskiego (1993).

swój neurobiologiczny *hardware* reprezentowany (funkcjonalnie) poprzez inteligencję płynną, zdeterminowany genetycznie, i *software*, reprezentowany przez utrwalone procedury umysłowe, wiedzę i doświadczenie. Są to ściśle ze sobą związane czynniki tak, jak dwie strony monety. Zasoby wiedzy, strategii poznawczych i doświadczenia indywidualnego, stanowiące istotę czynnika gc, są manifestowane tylko poprzez funkcjonalne mechanizmy obejmujące czynnik gf, nie ma innej drogi. Prawidłowość ta ważna jest w zrozumieniu poznawczego starzenia się. Procesy te najpierw obejmują bowiem neurobiologiczną bazę i czynnik gf, a ta deterioracja zmienia poznawczą dynamikę umysłu, manifestującą się spadkiem tempa przetwarzania, wzrostem jego zawodności, częstszym powstawaniem błędów. Najpierw więc zaczyna się „starzeć” inteligencja płynna, a w dalszej konsekwencji skryształizowana⁴. Zagadkowe jest to, że spadek funkcji związanych z czynnikiem gf rozpoczyna się dość wcześnie, bo już od 20.–25. roku życia (Bromley 1969; Deary 2001; Deary et al., 2010; Horn, Cattell 1967; Schaie 1994)⁵. Z dotychczasowym badań wynika, że w tym, dość wąskim, przedziale wieku występuje apogeum poziomu inteligencji płynnej, od którego zaczyna się jej dość szybki spadek. Z kolei zaś spadek inteligencji skryształizowanej ma łagodny przebieg, a jej apogeum znajduje się w dość szerokim przedziale 40.–60. roku życia. W indywidualnym rozwoju inteligencji ważne jest, aby w młodości uzyskać możliwie najwyższy związek gf – gc, ...żeby było z czego spadać.

Na spadek funkcji związanych z czynnikiem gf zwracają uwagę czołowi badacze poznawczego starzenia się (ang. *cognitive aging*), Paul Baltes (1993) i Timothy Salt-house (1996, 2017; a, b). Jednakże inteligencja płynna nie jest prostym, jednorodnym mechanizmem, lecz zbiorem skorelowanych ze sobą funkcji poznawczych, ulegających deterioracji w różnym tempie. Potwierdzają to zarówno klasyczne badania nad zmiennością komponent inteligencji (Bromley 1969; Horn, Cattell, 1967), jak też wiele innych, późniejszych rezultatów (Deary 2001; Deary et al., 2010; Schaie 1994).

Wykrycie spadku tempa przetwarzania jako podstawowego, globalnego wskaźnika starzenia się umysłu nie dostarcza pełnej odpowiedzi na pytanie, dlaczego ta tendencja jest dominująca? Spadek tempa poznawczego starzenia się stanowi bowiem pewien neuropsychologiczny objaw, a nie wyjaśnienie w postaci mechanizmu. Jeśli bowiem inteligencja ogólna (czynnik g) jest zbiorem skoordynowanych funkcji poznawczych obejmujących gf i gc, to ważne staje się pytanie, które z nich „rozpadają się” wcześniej, prowadząc do stopniowej deterioracji umysłu? Ściśle wiąże się z tym również inne ważne pytanie o mechanizmy kompensowania spadku funkcji poznawczych. W syste-

⁴ Szukając odpowiedzi na pytanie, co determinuje starzenie się gf, trzeba sięgnąć do bardziej podstawowych mechanizmów neurochemicznych.

⁵ Prawdopodobnie spadek ten jest uwarunkowany ewolucyjnymi mechanizmami determinującymi biologiczny bieg życia; przedstawia je Godfrey-Smith (2018).

mach złożonych, takich jak mózg, mechanizmy kompensacji mają bardzo istotne znaczenie. Ujemne konsekwencje poznawczego starzenia się widoczne są szczególnie wtedy, gdy zawodzą mechanizmy kompensujące ich negatywne skutki.

Odpowiedź na postawione poprzednio pytania ma nie tylko znaczenie w zwiększaniu precyzji neuropsychologicznej diagnozy tempa poznawczego starzenia się, ale może stanowić podstawę lepszego programowania treningów poznawczych dla osób starszych. Powinny się one koncentrować na stosowaniu zadań podtrzymujących poziom pamięci roboczej i asocjacyjnej jako kluczowych mechanizmów inteligencji płynnej. Problem tych treningów wart jest krótkiego komentarza, bo wiąże się z nimi pewien paradoks. Najczęściej stosuje się ćwiczenie płytkich skojarzeń (np. krzyżówki), a więc polegające na wzmacnianiu i tak już najbardziej stabilnej funkcji poznawczej. Z badań wynika jednak (Engle et al. 2006; Horn, Cattell 1967), że najszybsze jest tempo spadku rozumowania indukcyjnego i operacji przestrzennych. A więc wokół takich właśnie zadań, jak złożone łańcuchy wnioskowania, silniej obciążających pamięć roboczą, powinny się koncentrować treningi obniżające poznawcze starzenie się. Jeśli ktoś z powodu własnej pracy intelektualnej koncentruje się na zadaniach wymagających złożonych łańcuchów wnioskowania przebiegających w rozległych sieciach semantycznych, to utrzymuje tym samym swój umysł w dobrej kondycji, chociaż pracuje on wolniej.

Neurobiologiczna baza inteligencji płynnej

Coraz częściej pojęcie inteligencji w wąskim sensie jest utożsamiane z inteligencją płynną jako neurobiologiczną podstawą czynnika gf. Ta składowa inteligencji determinuje starzenie się umysłu. Pogląd ten ma solidne potwierdzenie empiryczne w relacjach wykrytych między komponentami inteligencji a złożonością kształtu i zmiennością przebiegu fal mózgowych (Matarazzo 1992). Cytowany badacz wykrył spójne wzorce korelacji między wskaźnikami rozwiązywania wszystkich kategorii zadań ze skali Wechslera a złożonością kształtu i zmiennością potencjałów mózgowych. W obu zakresach zadań, tj. w testach werbalnych i niewerbalnych, uzyskał wysokie zakresy wyjaśnionej wariacji całkowitej, bliskie 70%.

Stanowisku, wedle którego inteligencja ogólna jest czymś realnym neuronalnie, a nie tylko statystycznym wektorem⁶, od dawna przychodzą w sukurs dane o związku poziomu inteligencji z krótkim czasem rozwiązywania zadań poznawczych, wymagających reagowania w bardzo prostych sprawdzianach szybkiego wykrywania różnic. Do tych ważnych danych empirycznych, wspierających argumentację o neurobiologicznej

⁶ Zarówno czynnik g, jak też jego strukturę w postaci gf i gc wykryto na podstawie analizy czynnikowej, metody statystycznej, którą stworzył Charles Spearman w celu redukcji wymiarów macierzy korelacji rezultatów testowych do kilku wektorów interpretowanych jako czynniki.

realności inteligencji, doszły też bardzo ważne rezultaty o neuronalnej bazie czynnika gf w dolnej części płatów czołowych mózgu (Duncan et al., 2000).

Do znanych rzeczników poglądu, że czynnik gf jest czymś realnym, chociaż nie znamy jeszcze w pełni jego neuronalnych mechanizmów, należy Artur Jensen (1998). Dokonał on syntezy szerokiego zakresu badań, wprowadzając istotną korektę do teorii Cattella dotyczącą interpretacji struktury obu czynników inteligencji. Ma ona istotne znaczenie w kontekście problemu starzenia się umysłu. Jensen w inny sposób charakteryzuje bowiem dualną strukturę czynnika g, czyli podział na inteligencję płynną i skrytalizowaną. Z jednej strony uznaje on rezultat Cattella, solidnie przecież potwierdzony w świetle nagromadzonych rezultatów empirycznych, ale jednocześnie sądzi, że powinna ulec zmianie interpretacja struktury inteligencji. Najczęściej przyjmuje się rozwiązanie symetryczne w postaci hierarchicznego drzewka klasyfikacyjnego o kilku poziomach – od inteligencji ogólnej, poprzez tzw. zdolności grupowe, do zdolności specjalnych. Jensen słusznie sądzi, że trafniejszy jest model pierścieniowy (gf-centryczny). Obrazem geometrycznym tego modelu nie jest już wtedy dwudzielna struktura hierarchiczna, lecz układ kolisty z czynnikiem gf w środku jako „centrum”. Z kolei zaś domeny inteligencji skrytalizowanej rozproszone są promieniście wokół czynnika gf, wykazując różne, możliwe kierunki specjalizowania się umysłu pod wpływem rozwoju zainteresowań, nabywanej wiedzy, pracy zawodowej, doświadczenia osobistego itp. Kierunki te stabilizują się lub zmieniają w procesie rozwoju umysłowego jednostki, stawianych jej zadań i wymagań poznawczych, rodzaju kariery, charakteru kultury i środowiska.

Model pierścieniowej struktury inteligencji jest zgodny z klasycznym stanowiskiem Spearmana, że rozwiązywanie dowolnych zadań jest zawsze „nasycone” inteligencją ogólną. Model ten z czynnikiem gf pośrodku zbliża do siebie skrajne stanowiska, które w jego ramach tracą na ostrości. Jaśniejsze staje się, że czynnik gf wyraża formalny, neurobiologiczny, aspekt przetwarzania dla dowolnych zadań i wymagań poznawczych. W funkcjonalnym aspekcie czynnikowi temu odpowiadają elementarne procesy poznawcze integrowane poprzez mechanizmy pamięci roboczej. Jednakże zasadnicza linia rozwoju umysłu zależy od tego, jakie zadania poznawcze są podejmowane w toku życia jednostki, jaka jest ich różnorodność i skuteczność realizacji. Rozwijający się umysł nie działa przecież w motywacyjnej i kulturowej próżni. Złożone uwarunkowania jego rozwoju charakteryzuje inna, mniej znana, teoria Cattella (1971), która powinna, nawiasem mówiąc, stanowić podstawę programowania kształcenia i rozwoju, niezależnie od wieku.

Rozwojowi podlegają indywidualne profile zainteresowań i wiedzy, które stopniowo nabierają coraz większej „specjalizacji” w toku edukacji, wpływu środowiska i kultury. Wtedy kształtują się złożone sprawności umysłowe i kompetencje poznawcze. Oceniając

ten proces z perspektywy rozwoju jednostki, trzeba podkreślić, że istotne znaczenie ma w nim rozwój zainteresowań, które są ciekawym fenomenem psychologicznym. Kształtują się one jako złożone profile o kilku składowych, obejmujących rodzaj preferowanych obiektów i sytuacji, motywację i potrzeby poznawcze. Jak dotychczas rola zainteresowań w relacji do inteligencji ogólnej i zdolności specjalnych oraz procesów poznawczego starzenia się nie jest zbyt dokładnie zbadana. Przypuszczać można, że w procesie rozwoju, a następnie poznawczego starzenia się, profile zainteresowań pełnią ważne funkcje kompensacyjne, ponieważ stabilizują ukierunkowanie procesów poznawczych. Ma to ważne znaczenie, ponieważ najczęściej wymagania i zadania związane z pracą zawodową stają się stopniowo coraz wężziej ukierunkowane. W tym tkwi pewien paradoks, ponieważ ewolucja ukształtowała umysły jako systemy otwarte ze względu na zmienność środowiska. Prawdopodobnie szybciej starzeją się umysły „zamykające się” zbyt wcześnie. Utrzymywanie otwartości umysłu w toku ciągłego nabywania nowej wiedzy, stanowić więc może istotne antidotum na zachodzące w nim zmiany inwolucyjne, uwarunkowane po części stabilizowaniem się struktur pojęciowych wiedzy związanych z czynnikiem gc. Jest to niekorzystna tendencja, ponieważ część poznawczego starzenia się funduje nam zbyt sztywna praca zawodowa, środowisko i kultura.

Które funkcje poznawcze starzeją się najwcześniej, a które stabilizują umysł?

Odpowiedzi na to pytanie szuka się w ramach ogólniejszych teorii precyzyjniej wiążących inteligencję z cechami dynamiki centralnego układu nerwowego (CUN) ⁷. Inteligencja nie istnieje w neuronalnej próżni. Wykazano, że wysoki iloraz inteligencji wiąże się ściśle z optymalnym pasmem pobudzenia CUN i wysoką wartością tzw. współczynnika tłumienia, wyrażającym skuteczność hamowania i poznawczej kontroli (Robinson 1996). A więc starzenie się mózgu to nie tylko zmiany w rozkładach dystrybucji pobudzenia, ale także zmiany w dynamice hamowania. Koncepcja Robinsona świadczy, że szukanie związku tylko między „inteligentnym” przetwarzaniem informacji a poziomem pobudzenia nie jest wystarczające. W istocie bowiem przetwarzanie to wymaga koordynacji procesów pobudzenia i hamowania w ramach złożonej sieci neuronalnej. Relacje między tymi procesami zależą od ruchliwości jako cechy temperamentu. Prawdopodobnie koordynacja ta bardziej zależy od sprawności tłumienia i hamowania niż od samej dystrybucji pobudzenia w sieci neuronalnej. Dodać trzeba, że już Spearman (1927) zwrócił uwagę na mechanizm hamowania „energii mentalnej” w postaci czynnika, który określił jako perseweratywność umysłową ⁸.

⁷ Rolę dynamiki „pobudzenia intelektu” w mechanizmach inteligencji przedstawił w swojej teorii prof. Edward Nęcka (2000) z Uniwersytetu Jagiellońskiego.

⁸ Perseweratywność jest jedną z cech temperamentu (Strelau 2014), komplementarną w stosunku do ruchliwości CUN.

W podsumowaniu współczesnych badań dochodzi się do wniosku, że starzenie się mózgu obejmuje złożoną sieć zależności łączących globalne potencjały spoczynkowe (ang. *default mode network*, DMN) z działającymi w tej sieci mechanizmami pamięci roboczej (Iordan et al., 2018). A zatem chociaż umysł jest systemem poczwornie ograniczonym, to dzięki tym „spoczynkowym” potencjałom może działać jako całość. Odkrycie DMN i dalszy rozwój badań nad ich funkcjami będzie miało ważne znaczenie dla tworzenia nowych koncepcji funkcjonowania umysłu w pełnej perspektywie czasu życia. Może się nasunąć pytanie, dlaczego umysł jest poczwornie ograniczony? Przypuszczalnie taki rodzaj rozwiązania został ewolucyjnie ukształtowany po to, aby przetwarzanie centralne nie było bez przerwy „bombardowane” przez naciski sygnałów z otoczenia. W rezultacie tego względnie odizolowane przetwarzanie centralne może być relatywnie skuteczne, a jednocześnie dostosowane do bieżącej zmienności otoczenia.

Jaki ogólny wniosek płynie z badań dotyczących związku inteligencji z cechami mózgu? Przede wszystkim świadczą one, że wysoki iloraz inteligencji wiąże się ściśle z indywidualnym wzorcem koordynacji zasobów sieci neuronalnej determinującej pewien system operacji poznawczych. Wzorec ten ma trzy związane ze sobą aspekty – energetyczny, poznawczy (operacyjny) i metapoznawczy (regulacyjny). Aspekt poznawczy dotyczy precyzji i szybkości identyfikacji bodźców, np. skuteczności przeszukiwania pola informacji, wykrywania różnic, tworzenia i zmiany struktur pojęciowych, łączenia informacji bieżącej z zapamiętaną. Aspekt metapoznawczy wiąże się z kryteriami monitorowania, kontroli, decyzji i respektowaniem kontekstu zachowania. Ściśle wiąże się z nim regulacyjne znaczenie współczynnika tłumienia, czyli hamowania neuronalnego (Robinson 1996). Zbyt silne tłumienie, nadmierna kontrola, prowadzi do poznawczej blokady i sztywności, zbyt słabe tłumienie powoduje impulsywność, niezborność i chaotyczność. Niewątpliwie jednak aspekt energetyczny ma charakter podstawowy, dotyczy bowiem poziomu wzbudzonej energii i procesów jej dystrybucji oraz tendencji do minimalizowania jej zużycia⁹. Przy zbyt niskich i zbyt wysokich zasobach energii (pobudzenia) powstają trudności w funkcjonalnym stabilizowaniu się systemu poznawczego, determinującego „inteligentne” przetwarzanie, równoważone w wymiarze koncentracja – rozproszenie. Tę prawidłowość potwierdza wcześniej przytoczony rezultat Robinsona (1996), że w paśmie optimum pobudzenia lokują się najwyższe wartości ilorazów inteligencji. Rezultat ten ma również swoje znaczenie w wyjaśnianiu deterioracji systemu poznawczego wskutek starzenia się. Może ono być warunkowane przez bardziej podstawowe zaburzenia synchronizacji pobudzenia i hamowania w sieci neuronalnej. Przypuszczenie to wymaga badań neurobiologicznych łączących poznawcze starzenie się z temperamentem, a więc wyjścia poza wąskie, poznawcze determinanty

⁹ Stosując technikę PET wykryto, że mózgi osób o wysokiej inteligencji mniej „grzeją się” i słabiej „świecą”, a więc zużywają mniej energii (Posner, Raichle 1995).

starzenia się. Prawdopodobnie umysł najpierw starzeje się w zakresie mechanizmów dystrybucji energii, a następnie dopiero w dynamice poznawczej.

Wszystkie trzy wymienione aspekty przetwarzania traktować można jako procesualne komponenty czynnika *g*. Zadania wysoko nasycone tym czynnikiem wymagają udziału mechanizmu neuronalnego ukierunkowanego na szybkie wykrycie reguły oraz równie szybką ocenę i decyzję dotyczącą sposobu zareagowania w określonym kontekście zachowania. Z tego powodu im bardziej złożone i zmienne są wymagania poznawcze związane ze środowiskiem, tym większa jest wartość prognostyczna zadań testowych, mierzących inteligencję ogólną. Wniosek ten potwierdzają metaanalizy oparte na obszernych danych dotyczących związku wysokiej inteligencji z przebiegiem karier zawodowych i stylem życia (Gottfredson, Saklofske 2009). Z innych analiz wynika też, że wartość prognostyczna ilorazu inteligencji jest relatywnie najwyższa wśród wszystkich innych psychologicznych predyktorów (Schmidt, Hunter 1998).

Rola pamięci asocjacyjnej

Jaka podstawowa zdolność poznawcza i związany z nią mechanizm stabilizuje inteligencję, a więc w dużym stopniu stabilizuje umysł jako całość? Odpowiedzi na to pytanie udzieliły już klasyczne badania Cattella i Horna (1967), potwierdzone później w szerokim zakresie. W ich świetle zasadny jest wniosek, że funkcję tę pełnią mechanizmy pamięci asocjacyjnej, ponieważ wśród zdolności płynnych ulegają one najsłabszej deterioracji w toku życia. Pamięć asocjacyjna jest swego rodzaju zwornikiem funkcjonalnym między inteligencją płynną i skryształizowaną, łącząc szybkość reagowania z kontekstem semantycznym zachowania. Termin „zwornik” nie jest metaforą, ponieważ każde skojarzenie ma swój czas reakcji (wskaźnik *gf*) i swoją treść (wskaźnik *gc*). Nagłe spadki sprawności pamięci asocjacyjnej, np. uwarunkowane przyczynami organicznymi, istotnie dezorganizują umysł jako system poznawczy.

Wskazanie na kluczową rolę pamięci asocjacyjnej to zarazem próba odpowiedzi na główne pytanie postawione w tytule tego artykułu. Warto dodać przy tej okazji, że czynnik (wektor) określony *expressis verbis* jako pamięć asocjacyjna wyodrębnił Luis Thurstone (1940), jeden z pionierów analizujących strukturę zdolności elementarnych (ang. *primary abilities*). Coraz dokładniejsze pomiary różnych wskaźników dynamiki pamięci asocjacyjnej mogą dostarczyć nowej wiedzy o poznawczym starzeniu się, i tym naturalnym, i tym powodowanym różnymi niekorzystnymi zmianami chorobowymi. Badania pamięci asocjacyjnej stanowią jednak trudny problem. Z natury rzeczy są one ściśle związane ze znaczeniem pojęć i językiem. Muszą się więc opierać na standaryzowanych pomiarach skojarzeń z uwzględnieniem rodzaju kategorii pojęciowych, poziomu abstrakcji i kodowania frekwencji w języku (por. Hasher, Sacks 1979). Łatwiej pomiary tego rodzaju można przeprowadzić w skali populacji, ale znacznie trudniej w odniesieniu do konkretnych, diagnozowanych osób.

We współczesnych koncepcjach umysłu nie wyodrębnia się pamięci asocjacyjnej jako wyspecjalizowanego mechanizmu. Nadal nie wiemy, czy pamięć asocjacyjna stanowi odrębny mechanizm determinowany przez bardziej od niej podstawową pamięć proceduralną¹⁰, czy też wchodzi w skład mechanizmów pamięci trwałej? Nie wiemy też, czy spontanicznie pojawiające się rezultaty przypominania są rezultatem działania autonomicznych mechanizmów pamięci asocjacyjnej, czy też skutkiem mechanizmów pamięci proceduralnej? Odpowiedź na te pytania nie jest łatwa, gdy weźmie się pod uwagę, że pamięć proceduralna z istoty swojej jest asemantyczna (Tulving 1985). Mamy jednak wiele wskaźników świadczących o tym, że pamięć proceduralna nieustannie „łata dziury” w funkcjonowaniu umysłu, prawdopodobnie właśnie dzięki temu, że determinuje procesy przetwarzania intuicyjnego¹¹. Zjawisko to występuje w niemal każdym procesie poznawczym, a interakcja świadomie kontrolowanych operacji poznawczych z intuicją jest regułą, a nie wyjątkiem (Nosal, 2011). Na to, że pamięć proceduralna stanowi podstawę mechanizmów intuicji, zwrócił uwagę Reber (1989).

W jaki sposób w pamięci roboczej pojawiają się trafne, spontaniczne odpowiedzi na pytania, na które wcześniej odpowiedzi nie znaleźliśmy, bo była zablokowana lub ukryta (niejawna)? Być może skuteczność ta zależy od nieświadomej interakcji mechanizmów pamięci proceduralnej z pamięcią semantyczną? Po zadaniu pytania system działa nadal (*implicite*), chociaż nie uzyskaliśmy odpowiedzi. Po chwili uzyskujemy ją (*explicite*), chociaż świadomie nie koncentrowaliśmy się na jej poszukiwaniu.

W ramach modelu pamięci roboczej nie ma ścisłego wskazania na mechanizmy pamięci asocjacyjnej (Baddeley 1989, 2012). Problem całościowego opisu mechanizmów pamięci jest więc nadal otwarty. Baddeley (2012) przedstawia jednak szczegółową taksonomię komponent pamięci roboczej dla inteligencji płynnej i skrytalizowanej. Przypuszczalnie dalszy rozwój ogólnej teorii organizacji pamięci pójdzie w tym kierunku, aby połączyć mechanizmy pamięci proceduralnej z roboczą, asocjacyjną i metapoznawaniem, powstanie wtedy ogólniejsza teoria mechanizmów funkcjonowania umysłu. Nie ulega wątpliwości, że coraz dokładniejsza wiedza o systemie pamięci ma ważne znaczenie w rozumieniu istoty starzenia się umysłu.

Część odpowiedzi na zasadnicze pytanie, jak starzenie się wpływa na funkcje poznawcze umysłu, znajdujemy w ramach teorii Salthousa (2017a). Badacz ten podkreśla dobitnie, że wiek wpływa na czynnik g, a więc na pewne niespecyficzne zdolności

¹⁰ Pamięć proceduralną wykryto u osób z zaburzeniami neurologicznymi, które nie potrafiły wykonywać wcześniej nabytych, dobrze utrwalonych, zautomatyzowanych czynności, jak np. zawiązywanie sznurowadeł. Podstawą tej pamięci są odrębne struktury neuronalne (Tulving 1985).

¹¹ Jung (1995) jako pierwszy zwrócił uwagę, że intuicja, będąc funkcją pierwotną, „łata dziury” w funkcjonowaniu umysłu.

umysłowe, wyrażające się coraz wolniejszym tempem przetwarzania informacji. W dalszej kolejności spadek tempa prowadzi do zmian w zakresie organizacji funkcji umysłowych, które z kolei mogą wpływać na obniżenie się poziomu różnych kompetencji i funkcji poznawczych. Tak więc starzenie się umysłu syntetycznie wyraża się spadkiem tempa przetwarzania jako wskaźnika dezorganizowania się koordynacji w obrębie funkcji poznawczych. Jednakże w ramach tej „starzejącej się” struktury istotne znaczenie mają komponenty inteligencji płynnej, ponieważ ich sprawność (tempo przebiegu) i wewnętrzna organizacja limituje wszystkie inne funkcje poznawcze, determinujące funkcjonowanie umysłu jako całości. Ale co w mózgu starzeje się jeszcze wcześniej? Prawdopodobnie spadek tempa przetwarzania w jego behawioralnym aspekcie może być warunkowany przez stopniową utratę zdolności asocjacyjnych pod wpływem niekorzystnych zmian w mechanizmach pamięci proceduralnej. Nieskuteczność asocjacji i związane z nimi błędy nie tylko skutkują coraz wolniejszym tempem przetwarzania, ale warunkują konieczność coraz częstszych perseweracji w toku wykonywania operacji umysłowych, a perseweracje pełnią istotne funkcje kompensacyjne. To jednak, czy perseweracja doprowadza do trafnego rezultatu, zależy od korekty regulacyjnej warunkowanej przez silny związek metapoznawania z wąsko rozumianym przetwarzaniem informacji. Sprawę komplikuje to, że również metapoznawanie nie jest jednorodne poznawczo, ma bowiem aspekt reprezentacyjny i regulacyjny. Pierwszy z nich dotyczy kontroli poznawczej, czyli skutecznego umiejscowienia pojęć, schematów i sekwencji operacji w strukturach wyższego rzędu, tj. wzbudzonych mapach pojęciowych doświadczenia. Aspekt regulacyjny odnosi się z kolei do korygowania błędów w przebiegu procesów umysłowych i wyznaczania nowych standardów regulacji. Dobrej ilustracji roli współdziałania tych różnych mechanizmów dostarczają dwa zjawiska. Pierwszym jest rozpad hierarchicznej organizacji struktur pojęciowych i ich fragmentaryzacja, wskutek której następuje przesuwanie się w stronę pojęć konkretnych, czyli spadek zakresu ogólności pojęć. Drugim zjawiskiem jest utrata poczucia humoru uwarunkowana trudnościami w przenoszeniu znaczeń w strukturach semantycznych, czyli łatwości tworzenia i rozumienia metafor. Trafny wgląd i zrozumienie istoty humoru nie jest więc tylko jakimś wycinkowym zjawiskiem, lecz dotyczy ważnego mechanizmu transferu znaczeń między odległymi zakresami pojęciowymi. Nieprzypadkowo w tym właśnie aspekcie humorem zajmuje się współczesna kognitywistyka (por. Hurley et al., 2016). Trafna reakcja na humor opiera się na szybkiej abstrakcji i przeniesieniu znaczenia.

Rozwojowe i inwolucyjne transformacje umysłu, rola kompensacji

W przedstawionej powyżej analizie dotyczącej poznawczego starzenia się zwracałem uwagę na znaczenie mechanizmów kompensacji. Funkcjonowanie systemów żywych,

a więc i systemów neuronalnych, podporządkowane jest tej doniosłej zasadzie samoorganizacji. Badacze poznawczego starzenia się dostrzegli znaczenie mechanizmów kompensowania dysfunkcji poznawczych zarówno poprzez zmiany zachodzące w neuronalnej bazie mózgu (synapsach i neuroprzekaznikach), jak i w dynamice elementarnych oraz złożonych procesów poznawczych. Ogół tych mechanizmów syntetyzuje ramowa teoria kształtowania się i zmiany neuropoznawczych rusztowań (ang. *neurocognitive scaffolding*) zaproponowana przez Denise Park i Patrycję Reuter-Lorenz (2009). W teorii tej uwzględnia się złożone kierunki interakcji między podstawowymi procesami neuronalnymi a procesami poznawczymi. Większą uwagę poświęca się jednak procesom związanym z bazą neuronalną. Termin „rusztowanie” stanowi metaforę obejmującą różne, endogenne i egzogenne, oddziaływania wzmacniające funkcjonowanie umysłowe (Sutton 2015). W dynamice tworzenia i zmiany „rusztowań” mieszczą się również dwa główne kierunki kompensacji. Pierwszy dotyczy kompensacyjnych zmian w neuronalnej bazie mózgu zachodzących w przebiegu procesów neurochemicznych. Drugi kierunek obejmuje zmiany funkcjonalne w procesach poznawczych, zachodzące pod wpływem uczenia się i podejmowania nowych zadań. W tym zakresie kluczowe są mechanizmy pamięci proceduralnej (Gupta, Cohen 2002).

Umysły zmieniające się w biegu życia

Nie mamy jednego, stabilnego umysłu. W różnych okresach rozwoju człowieka kształtują się odmienne „umysły” o zmieniającej się organizacji. W początkowym okresie rozwoju „pierwszy” umysł, percepcyjno-motoryczny, działający na wrodzonej bazie, zostaje istotnie przekształcony dzięki powstaniu formalnych podstaw inteligencji, jako grupy operacji logiczno-matematycznych, jak to wyjaśnia teoria Jeana Piageta (1977)¹². Ten pierwotny, „matematyczny” umysł zostaje następnie istotnie przeprogramowany, staje się coraz bogatszy semantycznie, pod wpływem rozwoju języka, uczestnictwa w kulturze i wpływów edukacji (teoria Lwa Wygotskiego, 1978). W dalszej konsekwencji rozwoju wyłania się „trzeci” umysł o w miarę ustabilizowanej inteligencji płynnej, nieustannie rozwijający się w zakresie wiedzy, reguł myślenia, doświadczenia osobistego. Od 21.–25. roku życia stopniowo następują spadki funkcji poznawczych związanych z inteligencją płynną. Zmiany te są kompensowane przez komponenty inteligencji skryzalizowanej, a głównie przez pamięć asocjacyjną. Po okresie apogeum poziomu inteligencji płynnej kompensacje te warunkują „czwarty”, dojrzały umysł, działający co prawda coraz wolniej, ale opierający się na stabilnych strukturach nabytej wiedzy, reguł myślenia i doświadczenia. Gdy jednak zaczyna się okres wyraźniejszego spadku komponent inteligencji płynnej, umysł ten wchodzi w okres trudności wyrażają-

¹² W ścisłym sensie jest to grupa czwórkowa obejmująca następujące relacje i przekształcenia: tożsamość, negacja, wzajemność, symetryczna zwrotność (por. Piaget 1981, s. 198–199).

cych się coraz wolniejszym tempem przetwarzania informacji, widocznym w całym funkcjonowaniu poznawczym i w pojawianiu się blokad w dostępie do różnych zasobów wiedzy. W cięższych przypadkach zmian demencyjnych umysł zaczyna się „rozpadać”, gdy osłabione zostają związki pamięci asocjacyjnej z pamięcią trwałą, metapoznawaniem i z bieżącym przetwarzaniem informacji w pamięci roboczej. Znamy już ogólny kontur tych zmian, ale nie znamy wielu mechanizmów szczegółowych. Zasadnicza niewiedza dotyczy mechanizmów pamięci asocjacyjnej i jej związków z pamięcią roboczą i trwałą. Inny zakres niewiedzy dotyczy relacji między przetwarzaniem świadomie kontrolowanym, opartym na metapoznawaniu, a pamięcią proceduralną i mechanizmami intuicji. Henri Bergson (1904/2004) słusznie twierdził, że intuicja jest starsza niż świadomy, racjonalny umysł. A ponieważ intuicja jest funkcją pierwotną, to można sądzić, że stabilizuje ona umysł „od dołu”, będąc ściśle związaną z mechanizmami pamięci proceduralnej. Zatem względną stabilność umysłu, pomimo różnych zmian, determinują w kierunku „z góry – w dół” mechanizmy pamięci asocjacyjnej, stanowiące istotę czynnika *gc* i łącznik z pamięcią trwałą. Z kolei zaś w kierunku „z dołu – w górę” umysł jest integrowany przez mechanizmy przetwarzania intuicyjnego. Prawdopodobnie są one silniej związane z czynnikiem *gf*. Dezorganizacja każdego z dwóch wymienionych kierunków przetwarzania i związanych z nimi mechanizmów powoduje niekorzystne zmiany w umyśle. Negatywne konsekwencje wiążą się szczególnie ze zmianami w kierunku „z dołu – w górę”, bo one właśnie determinują szybki spadek poziomu funkcji związanych z inteligencją płynną.

Literatura

- Baddeley A. (1989). *Working memory*. Oxford (UK): Oxford University Press.
- Baddeley A. (2012). *Working Memory: Theories, Models, and Controversies*, Annual Review of Psychology 63, 1–29.
- Baltes P.B. (1993). *The aging mind: Potential and limits*. The Gerontologist 33, 580–594.
- Bergson H. (1907/2004). *Ewolucja twórcza*. Kraków: Wydawnictwo Zielona Sowa.
- Bromley D.B. (1969). *Psychologia starzenia się*. Warszawa: PWN.
- Brzeziński J., Hornowska E. (1993, red.). *Skala inteligencji Wechslera WAIS-R*. Warszawa: PWN.
- Cattell R.B. (1963). *The theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment*. Journal of Educational Psychology 54, 1–22
- Cattell R.B. (1971). *Abilities, their structure, growth, and action*. New York: Mifflin.
- Deary I. (2012). *Inteligencja*. Sopot: GWP.
- Deary I., Penke L., Johnson W. (2010). *The neuroscience of human intelligence differences*. Nature Reviews/Neuroscience 11, 201–211.
- Duncan J., R., Seitz R., Kolodny J., Bor D., Herzog H., Ahmed A., Newell F., Emslie H. (2000). *A neural basis for general intelligence*. Science 289, 457–460.
- Engle R.W., Sędek G., Hecker U. von; McIntosh D.N. (2006). *Ograniczenia poznawcze. Starzenie się i psychopatologia*. Warszawa: PWN.

- Flavell J.H. (1979). *Metacognition and cognitive monitoring*. American Psychologist 34, 906–911.
- Gottfredson L. S., Saklofske D.H. (2009). *Intelligence: Foundations and issues of assessment*. Canadian Psychology 50, 183–195.
- Godfrey-Smith P. (2018). *Inne umysły: Ośmiornice i prapoczątki świadomości*. Kraków: Copernicus Center Press.
- Gupta P., Cohen J. (2002). *Theoretical and Computational Analysis of Skill Learning, Repetition Priming, and Procedural Memory*. Psychological Review 109, 401–448.
- Hasher L., Zacks R. (1979). *Automatic and effortful processes in memory*, Journal of Experimental Psychology 108, 356–388.
- Horn J.L., Cattell R.B. (1966). *Refinement and test of the theory of fluid and crystallized intelligence*, Journal of Educational Psychology 57, 2–270.
- Horn J.L., Cattell R.B. (1967). *Age differences in fluid and crystallized Intelligence*. Acta Psychologica 26, 107–129.
- Hurley H., Dennett D., Adams R. (2016). *Filozofia dowcipu. Humor jako siła napędowa umysłu*. Kraków: Copernicus Center Press.
- Jordan A., Cooke K., Moored K., Katz B., Buschkuehl M., Jaeggi S., Jonides J., Peltier S., Polk T., Reuter-Lorenz P. (2018). *Aging and network properties: Stability over time and links with learning during working memory training*. Frontiers in Aging Neurosciences 2018; <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00419>
- Jensen A. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Amsterdam: Elsevier.
- Jensen A. (1998). *The factor g. The sciences of mental ability*. Westport: Greenwood Publishing.
- Jung C.G. (1995). *Podstawy psychologii analitycznej. Wykłady tawistockie*. Warszawa: Wydawnictwo Wrota.
- Kowalik S. (1993). *Kliniczna interpretacja Skali Inteligencji: W-B I/II, WAIS, WAIS-R*. W: J. Brzeziński, E. Hornowska (red.), *Skala inteligencji Wechslera WAIS-R (386–462)*. Warszawa: PWN.
- Matarazzo J. (1992). *Psychological testing and assessment in the 21 st century*. American Psychologist 47, 1007–1018.
- McGrew K.S. (2009). *CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research*. Intelligence 37, 1–10.
- Nęcka E., (2000). *Pobudzenie intelektu: Zarys formalnej teorii inteligencji*. Kraków: Wydawnictwo UJ.
- Nosal C.S. (2011). *Interakcja inteligencji i intuicji: Nowa teoria funkcjonowania Umysłu*. Czasopismo Psychologiczne 17, 207–218.
- Nosal C.S. (2010). *Umysł poczwórnio ograniczony: Bariery i kompensacje w poznawaniu*. Studia z Kognitywistyki i Filozofii Umysłu 4 (1), 5–25.
- Park D.C., Reuter-Lorenz P.A. (2009). *The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding*. Annual Review of Psychology 60, 173–196.
- Piaget J. (1981). *Równoważenie struktur poznawczych*. Warszawa: PWN.
- Posner M., Raichle M. (1995). *Precis of "Images of mind"*. Behavioral and Brain Sciences 18, 327–383.
- Reber A.S. (1989). *Implicit learning and tacit knowledge*. New York: Oxford University Press.
- Reuter-Lorenz P.A. Park D.C. (2014). *How Does it STAC Up? Revisiting the Scaffolding Theory of Aging and Cognition*, Neuropsychology Review 24, 355–370.

- Robinson D. (1996). *Brain, mind, and behavior. A new perspective on human nature*. Westport: Praeger.
- Salthouse T. (2017a). *Shared and unique influences on age-related cognitive changes*, *Neuropsychology* 31, 11–19.
- Salthouse T. (2017b). *Contributions of the Individual Differences Approach to Cognitive Aging*, *Journals of Gerontology, Psychological Sciences* 72, 1, 7–15.
- Salthouse T. (1996). *The processing-speed theory of adult age differences in cognition*. *Psychological Review* 103, 403–428.
- Schaie K. W. (1994). *The course of adult intellectual development*. *American Psychologist* 49, 304–313.
- Schmidt F., Hunter J. (1998). *The validity and utility of selection methods in personnel psychology: Practical and theoretical implications of 85 years of research findings*. *Psychological Bulletin* 124, 262–274.
- Spearman C. (1904). „General intelligence” objectively determined and measured. *American Journal of Psychology* 15, 72–101.
- Spearman C. (1927). *The abilities of man*. London: Macmillan.
- Sutton J. (2015). *Scaffolding memory: themes, taxonomies, puzzles*; [w:] L. Bietti and C.B. Stone (eds), *Contextualising Human Memory: An interdisciplinary approach to understanding how individuals and groups remember the past* (180–205). Oxford: Routledge.
- Stone L. Bietti (Eds.), *Contextualizing Human Memory: An Interdisciplinary Approach to Understanding*, 187–198, New York, Psychology Press.
- Thurstone L.L. (1940). *The vectors of mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tulving E. (1985). *How many memory systems are there?* *American Psychologist* 40, 385–398.
- Wechsler D. (1961). *Psychopathology of aging*. New York: Grune & Stratton
- Wechsler D. (1958). *The measurement and appraisal of adult intelligence*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Wygotski L.S. (1978). *Narzędzie i znak w rozwoju dziecka*. Warszawa: PWN.

How the mind is ageing?

The process of cognitive aging in global sense can be characterised by changes of the fluid and crystallised intelligence. In the context of this explanation the basic question is which cognitive functions and regulatory mechanisms play the basic role of the determinants for cognitive aging. Probable, mechanism of associative memory play a central role in top-down direction of cognitive processing. This type of memory connect the resources/networks of long term memory with the current processing in working memory. Another set of mechanisms concerns with bottom-up direction based on procedural memory, which is fundamental for the functioning of the mind as whole (Tulving theory, 1985). Unfortunately, our knowledge about associative memory and its relations to working and procedural memory is incomplete and unclear. The importance of associative memory are partly, empirically supported by classic research on decreasing the cognitive components of intelligence aging, since the fluid and crystallized intelligence were discovered (Horn, Cattell, 1967). Changes of the mind functioning and its cognitive growth/aging can be characterised as a complex chain from primary, biolo-

gically determined mind, through Piagetian and Vygotsky's type of mind to relatively balanced mind.

Key words: cognitive aging, general intelligence, fluid and crystallized intelligence, memory system, working memory, associative memory, scaffolding theory