

Dysfunkcja pamięci operacyjnej u osób chorujących na schizofrenię i ich krewnych pierwszego stopnia¹

Working memory dysfunction in patients suffering from schizophrenia and their first-degree relatives

Beata Hintze, Anna Bembenek, Aleksandra Kühn-Dymecka,
Anna Wrońska, Jacek Wciórka

Z I Kliniki Psychiatrycznej IPiN w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. J. Wciórka

Summary

Working memory deficits are considered to play an important role affecting not only the pathogenesis but also the course of schizophrenia. Numerous studies of schizophrenic patients and their first-degree relatives suggest that this impairment may be an indicator of susceptibility to developing schizophrenia.

Aim: A comparison of selected working memory indicators in patients with schizophrenia, their first-degree relatives, and healthy controls.

Method: Participants in the study were 99 patients with the diagnosis of schizophrenia (according to the ICD-10-DCR criteria) in an early period of remission, their healthy first-degree relatives (N = 42), relatives with a history of psychiatric disorder (N = 14), and a control group of participants (N = 54) unrelated to the subjects and with no psychiatric history.

Selected tests from the computer-aided Vienna Test Battery were used, measuring: reaction time (RT) in a task that required choosing among complex stimuli of two modalities, a tendency to perseveration (PERSEV), and immediate visuospatial memory span (CORSI).

Results: Schizophrenic patients' performance was found to be significantly inferior to that of controls on all the cognitive tests related to working memory: they had a longer reaction time in forced choice tasks, elevated perseverative tendencies and reduced immediate visuospatial memory span. Moreover, healthy relatives of schizophrenic patients performed significantly poorer than did the controls both as regards perseverative tendencies and visuospatial memory span. Schizophrenic patients did not differ significantly from their close relatives in the degree of visuospatial memory span impairment.

Conclusions: The findings indicate that working memory deficits as assessed by the tests used in the study may be related to familial susceptibility to schizophrenia. Therefore, the dysfunction may be taken into account in the capacity of endophenotype of such susceptibility.

Słowa kluczowe: schizofrenia, dysfunkcje poznawcze związane z pamięcią operacyjną, krewni pierwszego stopnia

Key words: schizophrenia, working memory deficits, first degree relatives

¹ Praca wykonana w ramach projektu badawczego KBN 4 P05B 012 16p01

Już Kraepelin [1] podkreślił znaczenie kliniczne wcześniej pojawiających się deficytów neuropoznawczych dla dalszego przebiegu choroby i osłabienia wydolności intelektualnej chorych na schizofrenię (*dementia praecox*). Deficyty te są dziś często zaliczane do podstawowych cech schizofrenii, istotnych dla jej patogenezy, jak również funkcjonowania życiowego i klinicznych aspektów choroby (np. jej świadomości, przebiegu, rokowania) [2, 3, 4, 5]. Wyraźne deficyty neuropoznawcze narastają w ciągu dwóch lat przed pierwszym epizodem psychozy, a w okresie tego epizodu osiągają już znaczny stopień nasilenia [6, 7, 8]. U wielu chorych mogą one nasilać się wraz z czasem trwania choroby i upośledzać ich funkcjonowanie społeczne [9]. Deficyty poznawcze stwierdzone na początku choroby mogą wpływać na sposoby radzenia sobie oraz stanowić wskaźnik późniejszego rokowania [10]. Schizofrenię charakteryzuje różnorodność deficytów funkcji poznawczych dotyczących: uwagi, pamięci, funkcji wzrokowo-przestrzennych, zdolności językowych i ogólnego poziomu inteligencji. Szczególne miejsce zajmują deficyty poznawcze związane z rozwiązywaniem problemów, planowaniem i myśleniem abstrakcyjnym, czyli tzw. procesy wykonawcze (*executive functions*) [11].

W ostatnich latach wiele uwagi poświęcono badaniom pamięci operacyjnej (*working memory*) u osób zdrowych i chorujących na różne zaburzenia psychiczne. Upowszechnia się pogląd, iż zaburzenia pamięci operacyjnej i funkcji wykonawczych należą do ważniejszych dysfunkcji poznawczych w schizofrenii [4, 12, 13, 14]. Towarzyszą im zazwyczaj nieprawidłowości umiejscawiane w przednich obszarach mózgu, tj. przedniej korowej okolicy asocjacyjnej (kora przedczołowa) [12, 14, 15]. Niektórzy autorzy piszą wprost o schizofrenii jako o „chorobie pamięci operacyjnej”. Silver i wsp. [14] porównali pacjentów z rezydualną postacią schizofrenii, leczonych atypowymi neuroleptykami, z grupą osób zdrowych, niespokrewnionych – wyniki testów neuropoznawczych wskazywały na znacznie większe zaburzenia pamięci operacyjnej w porównaniu z innymi funkcjami poznawczymi. W badaniach nad deficytem pamięci operacyjnej Bertolino i wsp. [15] zastosowali obrazowanie metodą spektroskopii rezonansu magnetycznego u chorych na schizofrenię w czasie rozwiązywania testu *N-back* używanego do badania pamięci operacyjnej – wyniki sugerowały patologię neuronalną w obszarze hipokampa i grzbietowo-bocznej kory przedczołowej, którą można powiązać ze słabszym wykonaniem zadania obciążającego pamięć operacyjną u osób chorych. Na tej podstawie wysunięto wniosek, że deficyt pamięci operacyjnej jest zasadniczym deficytem w schizofrenii i prawdopodobnie również czynnikiem ograniczającym sprawność innych funkcji poznawczych.

Baddeley [za: 16] oraz Baddeley i Hitch [za: 17] przedstawili dynamiczny model pamięci operacyjnej, opisując go jako ograniczoną objętość „operacyjnej przestrzeni” przetwarzania i opracowywania informacji. W ujęciu Baddeleya pamięć operacyjna jest zdolnością do krótkotrwałego utrzymania w pamięci istotnych informacji i manipulowania nimi [za: 16]. Jest systemem, który w procesie myślenia krótko utrzymuje wyselekcjonowane wydarzenia bieżące i integruje je z doświadczeniami przeszłymi. Stanowi podstawę zamierzonych, planowanych działań i uruchamiania pamięci długoterminowej, zwłaszcza autobiograficznej. Dzieje się to dzięki tzw. przetwarzaniu *on line* [18]. Pamięć operacyjna jest podstawą funkcji wykonawczych niezbędnych do planowania, rozwiązywania problemów, orientacji i reakcji w sytuacjach złożonych, plastyczności psychicznej i zdolności dostosowania zachowania do sytuacji.

W wielu badaniach stwierdzano, że dysfunkcje poznawcze o różnym nasileniu i częstości występują także u krewnych pierwszego stopnia osób chorych na schizofrenię [19, 20] zwłaszcza, lecz nie tylko, u przejawiających schizotypowe zaburzenia osobowości [21, 22]. Odnotowano, że dysfunkcja pamięci operacyjnej występuje także u zdrowych bliźniąt jednojajowych pacjentów chorych na schizofrenię. Badania wskazują, że genetyczna podatność na zachorowanie na schizofrenię może dotyczyć biologicznych mechanizmów związanych z pamięcią operacyjną i funkcjami wykonawczymi [23]. Pozwala to przypuszczać, że deficyty poznawcze uchwytnie metodami neuropsychologicznymi mogą stanowić jeden z istotnych wskaźników tej podatności, bardziej przydatny do badań patogenetycznych element fenotypu schizofrenii (tzw. endofenotyp) niż jej złożony obraz kliniczny [24, 25]. Deficyty pamięci operacyjnej są wykorzystywane w badaniach genetycznych jako endofenotypowy marker tej choroby [23, 26]. Glahn i wsp. [26], badając przestrzenną pamięć operacyjną probandów oraz ich bliźniąt jedno- i dwujajowych, stwierdzili, że dysfunkcja pamięci operacyjnej występująca w tych grupach może stanowić rzeczywisty endofenotypowy marker dla schizofrenii [26].

Termin „pamięć operacyjna” (*working memory*) nie jest rozumiany jednoznacznie, co pozwala wyodrębnić różniące się warianty jego definiowania i metod badania [14, 17]. Nie ma standardowej baterii testów. Oprócz najczęściej cytowanych w literaturze anglosaskiej testów, jak: Test sortowania kart Wisconsin (WCST, *Wisconsin Card Sorting Test*) [27], Test N – wstak (*N – back Test*), Test łączenia punktów – B (TMT – B, *Trail Making Test – B*), testy „wież” (np. *Tower of Londyn, ...of Hanoi*) – wykorzystywane są liczne inne proste testy znane z różnych baterii używanych do badania zmian organicznych o.u.n. [13, 28, 29].

Cel

Celem było porównanie charakteru i nasilenia dysfunkcji neuropsychologicznych powiązanych z pamięcią operacyjną uchwytnych w badaniu za pomocą testów z Wiedeńskiej Baterii Testów [29] u chorych na schizofrenię i u ich krewnych pierwszego stopnia. Podstawowe pytanie badawcze brzmiało:

– Czy wybrane testy związane w różnym stopniu z pamięcią operacyjną pozwalają stwierdzić różnice w funkcjonowaniu poznawczym w tym zakresie u osób chorych na schizofrenię i ich krewnych I stopnia, w porównaniu z osobami zdrowymi?

Pozytywna odpowiedź na powyższe pytanie byłaby argumentem potwierdzającym, iż dysfunkcja pamięci operacyjnej jest nie tylko wskaźnikiem „stanu” chorobowego, lecz także wskaźnikiem „cechy” podatności na zachorowanie, występującej zarówno u osób chorujących, jak i ich zdrowych krewnych. Dysfunkcja pamięci operacyjnej stałaby się w ten sposób jednym ze względnie prostych wskaźników pretendujących do roli tzw. endofenotypu podatności na zachorowanie na schizofrenię.

Charakterystyka badanych osób

Grupę badaną stanowili pacjenci, u których rozpoznano schizofrenię według kryteriów ICD–10, oraz członkowie ich rodzin, krewni pierwszego stopnia. Grupę kontrolną stanowiły osoby zdrowe bez objawów schizofrenii i bez zaburzeń psychicznych w wywiadzie. Badaniom poddano łącznie 209 osób. Podstawowe cechy ich charakterystyki

Tabela 1

Charakterystyka społeczno-demograficzna badanych osób

Analizowane zmienne		Osoby chore na schizofrenię (n=99)	Zdrowi krewni 1 stopnia (n=42)	Chorzy krewni 1 stopnia (n=14)	Osoby zdrowe (n=54)
Płeć	kobiety	41 (41%)	20 (48%)	10 (71%)	31 (57%)
	mężczyźni	58 (59%)	13 (31%)	4 (29%)	12 (33%)
Wiek (lat) ¹	wiek średni ± odchył. st.	33,2 ± 11	42,5 ± 14	44,7 ± 15,7	29,2 ± 8
	zakres wiekowy	13-62	23-70	17-75	20-53
Wykształcenie ²	podstawowe	30 (30%)	7 (17%)	0 (43%)	7 (13%)
	średnie	51 (52%)	15 (36%)	0 (43%)	31 (57%)
	wyższe	18 (18%)	20 (48%)	2 (14%)	10 (30%)

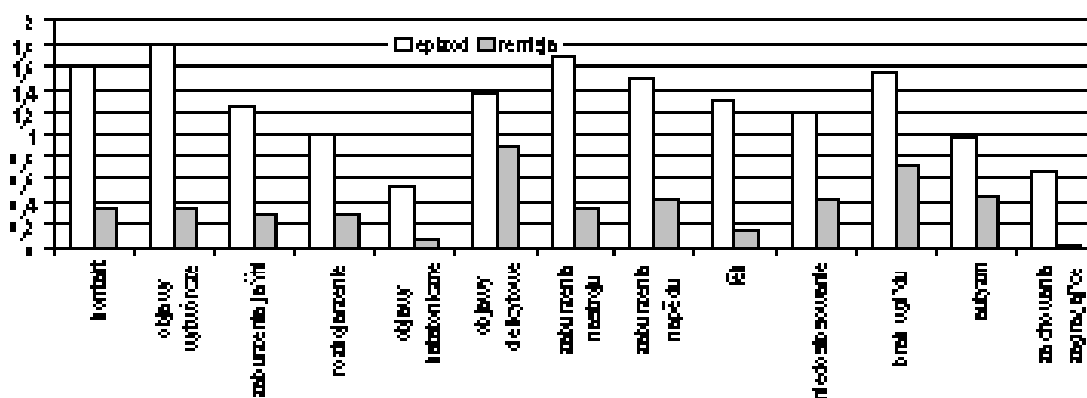
¹ Chi²=15,24; p<0,002

² F=27,88; p<0,000

³ Chi²= 20,45; p<0,02

społeczno-demograficznej przedstawia tabela 1.

Pacjenci. Badaniem objęto 99 pacjentów, leczonych w różnych oddziałach kliniki. Warunkiem włączenia do badań było rozpoznanie schizofrenii wg kryteriów dziesiątej wersji międzynarodowej klasyfikacji chorób (ICD-10) oraz aktualny stan rozpoczynającej się remisji objawów. Wyjściowy poziom objawów oceniany za pomocą PANSS [30] wynosił średnio 77 punktów, w chwili badania 45 punktów (wskaźnik poprawy ok. 45%), przy czym średnia sumaryczna wartość objawów pozytywnych, odpowiednio, 16→ 9, negatywnych – 22→ 14, a ogólnych – 40→ 22). Profil psychopatologiczny opisany za pomocą skali KOSS-W [31] przedstawiono na rys. 1. W chwili badania (remisja) cechował się on niskim poziomem większości objawów,



Rys 1. Porównanie średniego nasilenia 13 grup objawów wg skali KOSS-W w okresie rozwiniętego epizodu zaburzeń i remisji. Badanie neuropsychologiczne następowało w tym drugim okresie.

ze względną przewagą objawów deficytowych, spowolnienia i autyzmu.

Oceny stanu psychicznego dokonywali lekarze prowadzący. Wśród badanych nieznacznie przeważali mężczyźni (58%) i osoby ze średnim wykształceniem (54,8%). Wszyscy pacjenci przyjmowali leki przeciwpsychotyczne, ok. 30% z nich – leki nowszej generacji.

Rodziny. Badaniem objęto 56 członków rodzin, krewnych I stopnia badanych pacjentów. Część z nich (14 osób) była w przeszłości leczona z powodu zaburzeń psychotycznych. W grupie 42 zdrowych krewnych przeważały kobiety (69%) i osoby z wykształceniem wyższym (47%), natomiast wśród chorych krewnych – kobiety (71%) oraz osoby z wykształceniem średnim (43%). Nie udało się liczbowo zrównoważyć grup chorych i ich krewnych. Powodem takiego stanu rzeczy były liczne odmowy uczestnictwa w badaniu przez krewnych, którzy wyraźnie obawiali się wyników potwierdzających ewentualną podatność na zachorowanie.

Grupa kontrolna. Badaniem objęto 54 osoby zdrowe – ochotników, którzy nie byli w ciągu swojego życia leczeni psychiatrycznie, ani nie ujawniali zaburzeń psychicznych w wywiadzie i w chwili badania. Źródłem naboru byli głównie pracownicy Instytutu, stażyści oraz szkolący się studenci – grupy wyraźnie sfeminizowane. W efekcie – w grupie kontrolnej kobiety (67%) przeważały nad mężczyznami.

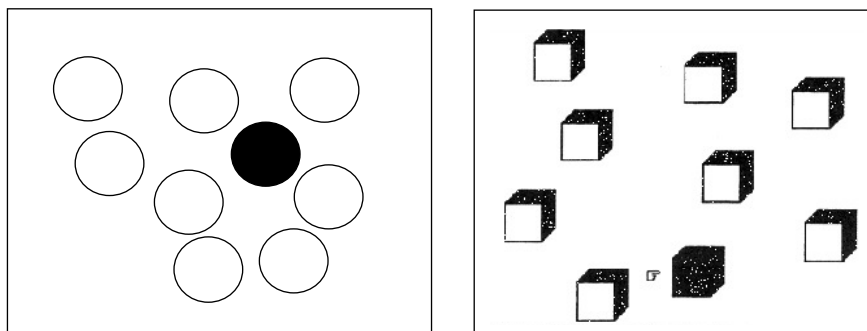
Metoda

Jako wskaźniki funkcji związanych z pamięcią operacyjną w przedstawianym tu badaniu wykorzystaliśmy wybrane testy z Wiedeńskiego Systemu Testowego [WTS, *Wiener Test-system*, 29]. Jest to system wspomaganych komputerowo testów psychologicznych, które pozwalają m.in. na badanie deficytów funkcji poznawczych. Nie bez znaczenia okazał się fakt, że komputerowa forma testów okazała się dla badanych bardzo atrakcyjna. Testy, eksponowane na monitorze komputera, były rozwiązywane za pomocą pióra świetlnego lub klawiatury.

Test czasu reakcji (RT). Badanie reakcji polega na jak najszybszym zareagowaniu (naciśnięcie na odpowiedni klawisz) po wystąpieniu ustalonej kombinacji bodźców optycznego i/lub dźwiękowego. Badany trzyma palec na przycisku oczekiwania, który zwalnia (R), po spostrzeżeniu na ekranie właściwego bodźca (S), by jak najszybciej nacisnąć przycisk reakcji (K). Program mierzy czas reakcji ($t_R - t_S$) i czas ruchu ($t_K - t_R$). Mierzony czas reakcji wymaga więc m.in. sprawnej pamięci operacyjnej, gdyż badany w celu wypracowania właściwej reakcji musi rozpoznać i przetrzymać krótko w pamięci spostrzeganą, dwumodalną (wzrok, słuch) kombinację bodźców, by porównać ją z wcześniej zapamiętanym, ustalonym wzorcem. Do poprawnego wykonania tego testu potrzebna jest umiejętność związana z przełączaniem się z jednego układu bodźców na drugi. Wykorzystano wersję testu RT. W wersji S3 zadanie jest prostsze – reakcja na żółtą lampkę lub dźwięk. W wersji S5 – zadanie jest trudniejsze, bo reakcja jest oczekiwana po spostrzeżeniu albo żółtej lampki i dźwięku, albo – żółtej i czerwonej lampki. Podstawową mierzoną wartością jest mediana czasu reakcji i czasu ruchu (msek.) wynikająca z wielu prób.

Test perseweracji (PERSEV) bada gotowość do perseweracji, tj. reagowania ste-

reotypowego. Na ekranie monitora (rys. 2A) rozmieszczonych jest niesymetrycznie dziewięć okręgów, które osoba badana powinna naciskać w sposób możliwie przypadkowy. Każdy okrąg ma swój identyfikator, a komputer wylicza częstość, z jaką badany stuka w różne okręgi. Na tej podstawie wyliczany jest wskaźnik redundancji wyrażający prawdopodobieństwo nielosowego wyboru (powtarzania, faworyzowania) pewnych okręgów. Im wskaźnik redundancji większy, tym większa tendencja do perseweracji, tj. do wykorzystywania stereotypowych zasad reagowania. Za istotny wskaźnik dysfunkcji elastyczności reakcji uważany jest wskaźnik redundancji 2 stopnia, opisujący



Rys 2. Przykładowy widok ekranu w teście (A) perseweracji (PERSEV) i (B) Corsiego (CORSI)

częstość powtarzającego się wyboru różnych kombinacji par okręgów.

Test Corsiego (CORSI) bada pojemność (rozpiętość) bezpośredniej pamięci wzrokowo-przestrzennej. W czasie testu na ekranie (rys. 2B) pojawia się przez krótki czas i znika kilka (trzy do ośmiu) sześcianów. Po zakończeniu ekspozycji osoba badana ma za zadanie wskazać za pomocą pióra świetlnego sześciany, które ukazały się na ekranie z zachowaniem kolejności ich pojawiania się. Podstawową mierzoną wartością jest średnia liczba zatrzymanych w pamięci (i prawidłowo wskazanych) sześcianów. Wg autorów testu wiąże się ona ze sprawnością wzrokowo-przestrzennego aspektu pamięci operacyjnej.

Analiza statystyczna objęła metody dostępne w pakiecie statystycznym SPSS (ver. 10 PL), głównie proste miary opisu statystycznego i sprawdzanie hipotez za pomocą testu różnicy średnich (t Studenta) dla grup nieskorelowanych.

Wyniki

Średnie wartości wszystkich rejestrowanych wyników poszczególnych testów w porównywanych grupach osób przedstawiono w aneksie. W tabeli 2 zestawiono natomiast podstawowe wyniki wykazujące istotne zróżnicowania między porównywanymi grupami badanych osób.

Tabela 2

Istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami średnimi wyników wybranych testów uwagi w grupach: pacjentów, krewnych i kontrolnej (test t Studenta)

Zmierzane testy i zmienne testowane	Porównywane grupy badanych osób:								
	chorych a grupa kontrolna			chorych a ich zdrowi krewni			zdrowi krewni a grupa kontrolna		
	chorych (średnia)	grupa kontrolna (średnia)	test (t)	chorych (średnia)	zdrowi krewni (średnia)	test (t)	zdrowi krewni (średnia)	grupa kontrolna (średnia)	test (t)
RT-S3: reakcja „z wyborem” na 20” / lampki / lub 4” / 4”									
czas reakcji (średnia)	427,4	424,0	3,135**	427,4	420,2	2,421*	420,2	424,0	ns
RT-S5: reakcja „z wyborem” na 20” / lampki / lub 4” / 4” / czerwony / lampki									
czas reakcji (średnia)	611,51	520,40	4,221***	611,51	542,20	3,224***	542,20	520,40	ns
PERSLEV – wsr. relacyjności procesów psychicznych									
współczynnik redundancji 2 stopnia	53,20	33,77	5,704***	53,20	41,20	2,240**	41,20	33,77	1,003*
CORS1 – wsr. pojemności wzrokowo-przestrzennej pamięci krótkotrwałej									
bezpamiętnie rozpoznanie pamięci	5,13	5,04	-3,00**	5,13	5,30	ns	5,30	5,04	-2,22**

Poziom istotności: ns – nieistotne statyst.; * p=0,05; ** p=0,01; *** p=0,001

Test RT. Czas reakcji z wyborem na mniej (RT:s3) i bardziej (RT:s5) złożony układ bodźców okazał się u osób chorych dłuższy, zarówno w stosunku do grupy zdrowych krewnych, jak i grupy kontrolnej. W grupie krewnych czas ten był nieistotnie dłuższy niż w grupie kontrolnej. Oznacza to, że pacjenci potrzebowali dłuższego niż osoby zdrowe (spokrewnione i niespokrewnione) czasu na wybór i zareagowanie na układ bodźców, który wymagał zdolności przełączania się z jednego układu na drugi.

Czasy reakcji (s3, s5) nie wykazywały zależności od płci. Wchodziły w słabą i nieistotną korelację z wiekiem (s3: rho=0,24; s5: rho=0,25). W przypadku prostszej wersji testu RT analiza wariancji nie wykazała zależności jego wyników od wykształcenia (RT:s3, p=0,1). Taką zależność stwierdzono natomiast w przypadku wersji bardziej wymagającej (RT:s5, p=0,03).

W teście perseweracji najwyższe współczynniki redundancji 2 stopnia stwierdzono u chorych, najniższe u zdrowych osób z grupy kontrolnej, a pośrednie – u zdrowych krewnych. Różnice między wszystkimi grupami okazały się statystycznie znamienne.

Według analizy wariancji współczynnik redundancji 2 stopnia nie wykazywał zależności od płci i tylko graniczną zależność od wykształcenia (p=0,053). Także słaba i nieistotna korelacja z wiekiem (rho=0,13) sugeruje brak istotnego związku między tymi zmiennymi.

W teście Corsiego przeciętna pojemność krótkotrwałej wzrokowo-przestrzennej pamięci operacyjnej okazała się u zdrowych osób z grupy kontrolnej istotnie większa niż u chorych i w grupie osób blisko spokrewnionych z chorymi. Różnice między chorymi i ich zdrowymi krewnymi okazały się natomiast statystycznie nieistotne.

Analiza wariancji nie wykazała zależności między rozpiętością pamięci a płcią (p=0,83) i wykształceniem (p=0,08). Zmienna ta słabo i ujemnie korelowała z wie-

kiem ($\rho=-0,27$).

Wyniki użytych testów nie wykazywały istotnych różnic między grupą chorych na schizofrenię ($n=99$) a ujawnioną w ramach badania rodzin grupą krewnych ($n=14$) z wywiadem wskazującym na chorobę psychiczną (schizofrenia lub pokrewne zaburzenia, lecz aktualnie bez objawów wymagających hospitalizacji).

Omówienie

Ocena nasilenia występowania u pacjentów chorujących na schizofrenię deficytu pamięci operacyjnej wydaje się ważna, ponieważ doniesienia literatury sugerują, że jest to główny deficyt, wpływający na pozostałe funkcje poznawcze [15]. Deficyt ten stwierdzano u chorych na schizofrenię oraz ich krewnych pierwszego stopnia [19, 20].

Uzyskane w naszej pracy wyniki oceny procesów poznawczych związanych z pamięcią operacyjną u chorych na schizofrenię, ich zdrowych krewnych pierwszego stopnia i w kontrolnej grupie osób niespokrewnionych świadczą o różnicach między tymi grupami, które dotyczą czasu i poprawności wykonania wybranych testów. Wyniki te są zgodne z badaniami innych autorów [14, 15, 20, 26] i potwierdzają, że z porównywanych grup najsłabsze, dysfunkcyjne wyniki uzyskują zawsze pacjenci.

Zadania testujące czas reakcji „z wyborem” wymagają utrzymania w pamięci operacyjnej dwóch różnych sekwencji, co pozwala na przełączanie przetwarzanych informacji z jednego układu bodźców na drugi. Wyniki testów czasu reakcji wymagających wyboru spośród dwóch różnych prostych bodźców (żółta lampka lub dźwięk) różnią w sposób istotny grupę chorych na schizofrenię od grupy kontrolnej – czas reakcji ulega u chorych na schizofrenię znacznemu wydłużeniu. Jeszcze bardziej istotne różnice między pacjentami a grupą kontrolną ujawniają się w reakcji na dwie różne, złożone sekwencje (żółta lampka i dźwięk lub żółta i czerwona lampka). W obu wypadkach czas reakcji „z wyborem” był też u osób chorych istotnie dłuższy niż u ich zdrowych krewnych. Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic czasu reakcji między zdrowymi krewnymi pacjentów a grupą kontrolną. Wyniki ujawniają więc, iż ten aspekt dysfunkcji pamięci operacyjnej cechuje przede wszystkim osoby chore. Nie stwierdzono u nich specyficznego wzorca reakcji dla analizatora wzroku czy słuchu; wyniki wskazują na podobny wzorec wykonania w zakresie obu modalności. Do podobnych wniosków doszli też inni autorzy [17].

Wyniki pozwalają stwierdzić, że badani chorzy na schizofrenię mieli istotnie mniejszą pojemność bezpośredniej pamięci wzrokowo-przestrzennej. Wyniki testu Corsiego odróżniają w sposób istotny zarówno grupę chorych, jak i ich zdrowych krewnych od grupy kontrolnej. Różnica między chorymi a zdrowymi krewnymi okazała się nieistotna statystycznie. Także inni autorzy [20, 25] stwierdzali, że osoby chorujące na schizofrenię i ich krewni pierwszego stopnia słabiej wykonują różne zadania wymagające sprawnej (a więc i pojemnej) pamięci operacyjnej. Można sądzić, że mają trudności z prawidłowym użyciem informacji w zależności od wymogów sytuacji, z krótkotrwałym przechowaniem informacji o aktualnie wykonywanej czynności oraz z prawidłowym przełączaniem się na nowe zasady działania [32]. W literaturze spotykamy się z określeniem górnej granicy pojemności pamięci krótkotrwałej na poziomie 7 ± 2 elementy [33]. W naszych badaniach pacjenci z reguły nie osiągnęli granicy

7 elementów, zatrzymując się najczęściej na 4 – 5 elementach. Spośród analizowanych przez nas ta cecha dysfunkcji pamięci operacyjnej w największym stopniu upodabnia do siebie chorych i ich bliskich krewnych.

Mniejsza pojemność pamięci operacyjnej utrudnia uczenie się nowego materiału, rozwiązywanie problemów, podejmowanie decyzji, abstrahowanie. Randolph, Goldberg i Weinberger [34], omawiając różne deficyty neuropsychologiczne stwierdzone u osób chorych na schizofrenię, dochodzą do wniosku, że zaburzone zapamiętywanie może leżeć u podstaw choroby.

Konsekwencją zakłóconych procesów kodowania, przechowywania oraz odtwarzania śladów pamięciowych może być upośledzona zdolność uczenia się nowego materiału, co może z kolei utrudniać adaptację do zmieniających się warunków otoczenia [35]. W naszym badaniu stwierdziliśmy interesujące zróżnicowanie porównywanych grup pod względem tendencji perseweracyjnych, które zaznaczały się najsilniej u chorych, słabiej u ich zdrowych krewnych, a najsłabiej u osób zdrowych stanowiących grupę kontrolną. Różnice między wszystkimi tymi grupami były statystycznie istotne, co pozwala przypuszczać, iż dysfunkcjonalna skłonność do stereotypowych reakcji w teście PERSEV (której miarą jest współczynnik redundancji drugiego stopnia) może być ważną cechą różnicującą. Wysoką redundancję można interpretować jako wyraz sztywności procesów poznawczych, obniżonej zdolności zmiany kryterium reagowania, spowodowanej przez stereotypowe włączanie już wyuczonej reakcji. Sztywność procesów psychicznych może dysfunkcjonalnie wpływać na sprawność funkcji wykonawczych – utrudniając planowanie, zorganizowane wyszukiwanie, i korzystanie z informacji zwrotnych z otoczenia. Utrudnia też zmianę zasad wyboru, celowe postępowanie i panowanie nad impulsywnymi reakcjami [27, 29]. Osoby badane nie są w stanie w sposób skuteczny dostosować swojego sposobu reagowania do potrzeb (instrukcji), wobec czego pojawia się sztywność w rozwiązywaniu zadań i zachowaniu [35].

W odróżnieniu chorych na schizofrenię od osób zdrowych wszystkie stwierdzone deficyty funkcji poznawczych powiązanych z pamięcią operacyjną (opóźnienie czasu reakcji wymagającej złożonych decyzji, ograniczenie pojemności bezpośredniej pamięci wzrokowo-przestrzennej oraz zwiększona tendencja do perseweracji) mogą być interesującymi wskaźnikami dysfunkcji związanej z aktualnym stanem chorobowym. Jednak niektóre z nich (zmniejszona pojemność pamięci wzrokowo-przestrzennej i tendencje perseweracyjne) pozwalają również na odróżnienie zdrowych osób blisko spokrewnionych z chorymi od osób zdrowych niespokrewnionych (grupa kontrolna), co może stanowić wskazówkę, że te aspekty dysfunkcji stanowią nie tylko wskaźnik stanu choroby, lecz także wskaźnik występującej w rodzinie podatności, zwiększającej ryzyko zachorowania na schizofrenię. Wskazuje to na prawdopodobną rolę dysfunkcji pamięci operacyjnej jako endofenotypowej cechy tej podatności [26]. Interesujące, iż deficyt ujawniany w teście najbardziej wprost związanym z koncepcją pamięci operacyjnej (test Corsiego) praktycznie nie wyróżnia osób spokrewnionych, niezależnie od ich stanu zdrowia (tj. chorych lub zdrowych).

Mimo względnie dużej grupy zbadanych osób, trudności ze zrównoważeniem porównywanych grup pod względem płci, wykształcenia i wieku nakazują ostrożność w formułowaniu ostatecznych wniosków i kontynuowanie badań. Warto jednak podkreślić, że wyniki wykorzystanych testów nie wykazywały istotnych związków

z wymienionymi zmiennymi społeczno-demograficznymi.

Wnioski

1. Zastosowanie testów powiązanych z pamięcią operacyjną wykazało u chorych na schizofrenię słabsze wyniki w porównaniu z niespokrewnionymi osobami zdrowymi (grupa kontrolna) – dłuższy czas reakcji, wymagającej złożonego wyboru przy krzyżującej się modalności bodźca, większą tendencję do persewerowania oraz mniejszą pojemność bezpośredniej pamięci wzrokowo-przestrzennej. Sugeruje to dysfunkcję pamięci operacyjnej u tych chorych.
2. Dwa z badanych wskaźników tej dysfunkcji – tendencje perseweracyjne i zmniejszona pojemność pamięci wzrokowo-przestrzennej – wykazały słabsze wartości u bliskich krewnych osób chorych niż w grupie kontrolnej. Może to wskazywać, iż ujawniają się w nich te aspekty dysfunkcji, które występują rodzinnie i podnoszą ryzyko zachorowania.
3. Deficyt pojemności bezpośredniej pamięci wzrokowo-przestrzennej nie różni istotnie chorych na schizofrenię i ich zdrowych krewnych, co podkreśla znaczenie tego wskaźnika dysfunkcji dla rodzinnej podatności na zachorowanie.
4. Wyniki sugerują, że dysfunkcja pamięci operacyjnej może być interpretowana jako cecha endofenotypowa podatności zachorowania na schizofrenię, a wyniki niektórych badanych tu testów mogą kandydować do roli wskaźnika tej cechy.

Äčňóóıęöč' id'ldráleüüé d'rë' ñé ó áıeüüó řęçıödlıçlé č čö dıáňňalııçęı d'ldáııı dıáňňár

Ñıáıdçrıçł

Çřáırıçł: Äčňóóıęöč' id'ldráleüüé d'rë' ñé d'döč'ňúárlıñ' áıeüııl çır+lıçł d'dö öıdöčdıarıçö d'rnıáılıçř č ñı+lıç' řęçıödlıçö. Èıııı+čňélıııl čňéııarıç' ó áıeüüó řęçıödlıçlé č čö dıáňňalııçęıä d'ldáııı dıáňňár öęřçúártñ, +ñı ıñř +ldñř éıçłñ áüñü d'ıęřçñlélé d'dıádrñd'ıeıçlıııññč ę çřáıeıarıçł řęçıödlıçlé. Nđřáılıçł čęádrııüó d'ıęřçñlélé id'ldráleüüé d'rë' ñé á ädöđ'd'ı áıeüüó, čö dıáňňalııçęıä d'ldáııı dıáňňár č çárdıáüó ęřále áüëı d'ıññřáelıı á d'dıäeřárléıe d'ráñł.

Èlıııä: Čňéııarıçł d'dıáıııı ó 99 áıeüüó řęçıödlıçlé (d'ı Èęřññčöčęřöčö ICA-10-ÄÇD) á d'ıdçıal ır+çırłúen' d'lečññč, ó 42 çárdıáüó dıáňňalııçęıä d'ldáııı dıáňňár, ó 14 dıáňňalııçęıä ñ d'ñčöčřndč+lıęčö řıřéııçıe č ó 54 ęčö ıl ñá' çřııüó dıáňňáıe č áıç d'ñčöč+lıęčö ırđöřlıçé á řıřéııçł, ęıñıdül ñıññřáe' ęč ęıñđıeüıóğ ädöđ'd'ö.

Čñd'ıeüçıarııı ıleçıñıdül ñıññü ñ ęıeđ'üñıdıüé áñđ'ıeıarıçłé Älııęıe árnıdčö ñıññıä, ęıñıdül řölıçártñ: áđłe' d'řęöčö, ñđıáöřúle áuáıđř ñđıäč ñeıçıüó đřçáđřčñlélé ääöó ęıareüııññlé, ñııalıöçł äı d'ldñłáıđřöčö, ıáúleř ııđñđıáňňalıııé çđčñleüıı-d'đıñđřıñňalıııé d'rë' ñé.

Đıçöeüñřñü: Ä ädöđ'd'ı áıeüüó řęçıödlıçlé ıñel+lıü nóúıñňalııı ñeřáúł, +le á ęıñđıeüıé ädöđ'd'ı áłöčöčñııl đıçöeüñřñü áñłö čñd'ıeüçıarıııó d'ıçırárnıeüıüó ñıññıä, ñá' çřııüó ñ id'ldráleüüé d'rëłñüł, ř čelııı: óäeıılıçł áđłe' d'řęöčö ñ áuáıđře, ırñčelıçł ññłđıñčđ'č+ıüó ñııalıöçé č öelıřıřlıçł d'đıñđřıñňár ııđñđıáňňalıııé çđčñleüıı-d'đıñđřıñňalıııé d'rë' ñé. Èđıel ñııı, çárdıáüł dıáňňalııçęč áıeüüó áññčářéč đıçöeüñřñü çır+čñleüıı ıççřł +le ęčöř ęıñđıeüıé ädöđ'd'ü á đřáčóñł ñııalıöçö ę d'ldñłáıđřöčö č ıáúleř çđčñleüıı-d'đıñđřıñňalıııé d'rë' ñé.

Áıeüııl řęçıödlıçlé č čö äečęęel dıáňňalııçęč ıl ıñeč+řečñü nóúıñňalıııé ıáđřçıe đřęęłđıe äčöłöčñř ıáúleř çđčñleüıı-d'đıñđřıñňalıııé d'rë' ñé.

Áuáıäü: Đıeö+lııııl đıçöeüñřñü öęřçúártñ ır öřęñ, +ñı äčňóóıęöč' id'ldráleüüé d'rë' ñé, ıđđıálelıııl d'dö d'ıeıüö ñıññıä éıçłñ ñá' çúářññü' ñ ñleleıé +ldñıe d'dıádrñd'ıeıçlıç' ę çřáıeıarıçł

řčřıđđłćłć, ř đřřñěő řňř äčňđóıęőč' ëřłń čäđřňü đřëü ýřıäıöłńčđř ýňřıä đ'dłäđřđđřëıčłć'.

Dysfunktion des operativen Gedächtnisses bei Schizophrenkranken und ihren Verwandten ersten Grades

Zusammenfassung

Der Dysfunktion des operativen Gedächtnisses misst man eine große Bedeutung in der Gestaltung der Pathogenese und des Verlaufs der Schizophrenie bei. Zahlreiche Untersuchungen bei den Schizophrenkranken und ihren Verwandten ersten Grades suggerieren, dass diese Eigenschaft ein Index der Schizophrenieanfälligkeit bilden kann.

Ziel: Vergleich der ausgewählten Indexe des operativen Gedächtnisses in der Gruppe der Kranken, ihrer Verwandten ersten Grades und in der Gruppe der gesunden Personen.

Methoden: Es wurden 99 schizophrene Personen untersucht (nach ICD-10-DCR Kriterien), in der Zeit der beginnenden Remission, 42 gesunde Verwandte ersten Grades, 14 Verwandte mit psychiatrischer Anamnese und 54 gesunde, nicht verwandte Personen, ohne psychische Störungen in der Anamnese, die eine Kontrollgruppe bildeten.

Es wurden ausgewählte Tests aus der computergestützten Wiener Testbatterie benutzt, die beurteilen: Zeit der Reaktion (RT), die eine Wahl zweier Modalitäten aus zusammengesetzten Reizen erfordert, Tendenz zur Perseveration (PERSEV), Volumen des direkten visuell-räumlichen Gedächtnisses (CORSI).

Ergebnisse: In der Gruppe der Kranken stellte man bedeutend schwächere Defizitergebnisse aller benutzten kognitiven Tests fest, die mit dem operativen Gedächtnis verbunden waren, als in der Kontrollgruppe: Verlängerung der Reaktionszeit mit der Wahl, Vergrößerung der stereotypen Tendenzen und Verkleinerung des Volumens des direkten visuell -räumlichen Gedächtnisses. Außerdem erzielten die gesunden Verwandten bedeutend schwächere Ergebnisse als die Personen aus der Kontrollgruppe im Bereich der perseverativen Tendenzen und des Volumens des visuell -räumlichen Gedächtnisses. Die Schizophrenkranken und ihre Verwandten unterschieden sich nicht in dem Umfang des Defizites des visuell -räumlichen Gedächtnisses.

Schlussfolgerungen: Die erzielten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Dysfunktion des operativen Gedächtnisses, die aufgrund der benutzten Tests gezeigt werden kann, mit der Eigenschaft der familiären Schizophrenieanfälligkeit verbunden sein kann. Damit kann diese Dysfunktion als Endophenotyp dieser Anfälligkeit betrachtet werden.

La dysfonction de la mémoire opérationnelle des schizophrènes et de leurs parents du premier degré

Résumé

On pense que la dysfonction de la mémoire opérationnelle joue le rôle important dans la pathogénèse et dans le cours de la schizophrénie. Plusieurs examens des schizophrènes et de leurs parents du premier degré suggèrent que cette caractéristique peut constituer un indice de susceptibilité à la schizophrénie.

Objectif: Comparaison de indices choisis de la mémoire opérationnelle des schizophrènes, de leurs parents du premier degré et des personnes saines.

Méthodes: 99 schizophrènes (diagnostiqués selon ICD-10DCR) au cours de la rémission, 42 leurs parents sains du premier degré, 14 parents avec les troubles psychiatriques, 54 personnes saines – groupe de contrôle. On utilise des tests choisis de Vienna Test Battery qui examinent: temps de réaction (RT) exigeant le choix de deux modalités de stimuli complexes, tendance à la persévérance (PERSEV), contenu de la mémoire directe visuelle – spatiale (CORSI).

Résultats: Dans le groupe de schizophrènes on note des résultats négatifs (déficits) de tous les tests cognitifs liés avec la mémoire opérationnelle, on note: allongement des réactions

des choix, tendance augmentée aux stéréotypes, diminution du contenu direct de la mémoire visuelle – spatiale. De plus, les parents malades ont obtenu les résultats pires que les personnes saines du groupe de contrôle quant à la tendance à la persévérance et quant au contenu de la mémoire visuelle – spatiale. Les schizophrènes et leurs parents malades ont le même déficit du contenu de la mémoire visuelle – spatiale.

Conclusions: Ces résultats suggèrent que la dysfonction de la mémoire opérationnelle définie par les testes en question peut se lier avec la susceptibilité familiale à la schizophrénie donc on peut la traiter comme endophénotype de cette susceptibilité.

Piśmiennictwo

1. Kraepelin E. *Psychiatrie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte* (wyd. 8). Leipzig: Barth; 1913.
2. David AS, Cutting JC, red. *The neuropsychology of schizophrenia*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates; 1994.
3. Goldberg TE, Gold JM. *Neurocognitive deficits in schizophrenia*. W: Hirsch SR, Weinberger DR, red. *Schizophrenia*. London: Blackwell; 1995.
4. Weickert TW, Goldberg TE. *Neuropsychology of schizophrenia*. W: Henn F, Sartorius N, Helmchen H, Lauter H, red. *Contemporary psychiatry*. Vol. 3. Specific psychiatric disorders. Berlin: Springer; 2001, s. 111–120.
5. Frith ChD. *The cognitive neuropsychology of schizophrenia*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates; 1992.
6. Goldberg TE, Greenberg RD, Griffin SJ, Gold JM, Kleinman JE, Pickar D, Schultz C, Weinberger DR. *The effect of clozapine on cognition and psychiatric symptoms in patients with schizophrenia*. *Brit. J. Psychiatry* 1993; 162: 43-48.
7. Friis S, Sundet K, Rund BR, Vaglum P, McGlashan TH. *Neurocognitive dimensions characterising patients with first-episode psychosis*. *Brit. J. Psychiatry* 2002 (supl.) 43: 85–90.
8. Bilder RM, Goldman RS, Robinson D, Reiter G, Bell L, Bates JA, Pappadopulos E, Willson DF, Alvir JM, Woerner MG, Geisler S, Kane JM, Lieberman JA. *Neuropsychology of first-episode schizophrenia: initial characterization and clinical correlates*. *Am. J. Psychiatry*. 2000; 157(4):549–559.
9. Hoff AL., Kreman WS. *Neuropsychology in schizophrenia: an update*. *Curr. Op. Psychiatry* 2003;16:149–155.
10. Wilder-Willis KE, Shear PK, Steffen JJ, Borkin J. *The relationship between cognitive dysfunction and coping abilities in schizophrenia*. *Schizophr. Res.* 2002; 55(3):259–267.
11. Lublin H. *Cognitive dysfunction in schizophrenia*. *Acta Psychiatr. Scand.* 2001; 104: 408, 5–9.
12. Borkowska A, Rybakowski J. *Znaczenie zaburzeń czynności poznawczych w pierwszym epizodzie schizofrenii*. W: Jarema M (red). *Pierwszy epizod schizofrenii*. Warszawa: IPiN; 2001.
13. Keefe RSE. *Working memory dysfunction and its relevance to schizophrenia*. W: Sharma T, Harvey P, red. *Cognition and schizophrenia*. Oxford:Oxford University Press; 2000.
14. Silver H, Feldman P, Bilker W, Gur RC. *Working memory deficit as a core neuropsychological dysfunction in schizophrenia*. *Am. J. Psychiatry* 2003;160: 1809–1816.
15. Bertolino A, Sciota D, Brudaglio F, Altamura M, Blasi G, Bellomo A, Antonucci N, Callicott JH, Goldberg TE, Scarabino T, Weinberger DR, Nardini M. *Working memory deficits and levels of N-acetylaspartate in patients with schizophreniform disorder*. *Am. J. Psychiatry* 2003; 160(3): 483–489.
16. Fleming K, Goldberg T, Gold JM: *Applying working memory constructs to schizophrenic cognitive impairment*. W: David AS, Cutting JC, red. *The Neuropsychology of schizophrenia*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates; 1994.

17. Perry W, Heaton RK, Potterat E, Roebuck T, Minassian A, Braff DL. *Working memory in schizophrenia: transient „online” storage versus executive functioning*. Schizophr. Bull. 2001; 27(1): 157–176.
18. McGrath J, Chapple B, Wright M. *Working memory in schizophrenia and mania: correlation with symptoms during the acute and subacute phases*. Acta Psychiatr. Scand. 2001; 103: 181–188.
19. Goldberg TE, Torrey EF, Gold JM, Ragland JD, Bigelow LB, Weinberger DR. *Learning and memory in monozygotical twins discordant of schizophrenia*. Psychol. Med. 1993; 23: 71–85.
20. Conklin HM, Curtis CE, Katsanis J, Iacono WG. *Verbal working memory impairment in schizophrenia and their first-degree relatives: evidence from the digit span task*. Am. J. Psychiatry 2000; 157: 275–277.
21. Lenzenweger MF, Gold JM. *Auditory working memory and verbal recall memory in schizotypy*. Schizophr. Res. 2000; 42: 101–110.
22. Raine A, Reynolds C, Lencz T, Scerbo A, Triphon N, Kim D. *Cognitive-perceptual, interpersonal, and disorganized features of schizotypal personality*. Schizophr. Bull. 1994; 20: 191–201.
23. Callicott JH, Mattay VS, Verchinski BA, Marenco S, Egan MF, Weinberger DR. *Complexity of prefrontal cortical dysfunction in schizophrenia: more than up or down*. Am. J. Psychiatry 2003; 160(12): 2209–2215.
24. Cannon TD, Gasperoni TL, van Erp TG, Rosso IM. *Quantitative neural indicators of liability to schizophrenia: implications for molecular genetic studies*. Am. J. Med. Gen. 2001; 105, 16–19.
25. Krabbendam L, Marcelis M, Delespaul P, Jolles J, van Os J. *Single or multiple familial cognitive risk factors in schizophrenia?* Am. J. Med. Gen. 2001; 105: 183–188.
26. Glahn DC, Therman S, Manninen M, Huttunen M, Kaprio J, Lönnquist J, Cannon TD. *Spatial working memory as an endophenotype for schizophrenia*. Biol. Psychiatry 2003; 53: 624–626.
27. Heaton K. *Wisconsin Card Sorting Test Manual, 1981-1992*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources; 1981.
28. Copersino ML., Serper M, Allen MH. *Emergency psychiatry: Rapid screening for cognitive impairment in the psychiatric emergency service: II. A flexible test strategy*. 2003; 54: 314–316.
29. *Wiener Testsystem*. Katowice: Dr Schuhfried GmbH-Alta; 1993.
30. Kay SR, Opler LA, Fiszbein A. *Positive and Negative Syndrom Scale (PANSS). Rating manual*. San Rafael: Social and Behavioral Science Documents; 1987.
31. Wciórka J. KOSS. *Kliniczna ocena syndromów schizofrenicznych, Wersja 5*. Warszawa: IPiN; 1998.
32. Baxter RD, Liddle PF. *Neuropsychological deficits associated with schizophrenic syndromes*. Schizophr. Res. 1998; 30: 239–249.
33. Miller G. *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. Psychol. Rev. 1965; 63: 81–97.
34. Randolph Ch, Goldberg TE, Weinberger DR. *The neuropsychology of schizophrenia*. W: Heilman KM, Valenstein E, red. *Clinical neuropsychology*. Oxford:Oxford University Press; 1993; s.499–521.
35. Wrońska A, Jakubowska T, Anczewska M, Ślósarska M. *Procesy koncentracji uwagi i uczenia się u pacjentów z rozpoznaniem psychozy schizofrenicznej. Część II. Procesy zapamiętywania materiału werbalnego*. Psychiatr. Pol. 1999; 33: 679–685.

Otrzymano: 25.10.2002

Zrecenzowano: 21.04.2004

Przyjęto do druku: 24.05.2004

Adres: Beata Hintze
I Klinika Psychiatryczna IPiN
02-957 Warszawa, al. Sobieskiego

ANEKS

Wyniki (średnie, odchylenia standardowe) zastosowanych testów w badanych grupach osób chorych, ich krewnych I stopnia oraz w grupie osób zdrowych stanowiących grupę kontrol-

Zmienne testowe	Wartości przednie (średnie ± odchył. standardowe) w porównywanych grupach			
	nowe od choroby neurodegeneracji (n=33)	zdrowi krewni I stopnia (n=42)	zdrowi - grupa kontrolna (n=54)	chorzy krewni I stopnia (n=14)
R7: wersja 51 - test czasu reakcji z wyodróżnieniem zTU i MPD2 lub oświecenia				
mediana czasu reakcji	41,3 ± 16,7 s	46,7 ± 10,8 s	42,4 ± 12,7 s	50,7 ± 14,8 s
mediana czasu ruchu**	21,1 ± 11,1 s	23,8 ± 9,1 s	20,2 ± 6,3 s	21,9 ± 12,8 s
reakcje** czasu reakcji	21,3 ± 8,9 s	24,0 ± 8,9 s	22,8 ± 7,1 s	21,2 ± 17,1 s
reakcje** czasu ruchu**	30,6 ± 17,2 s	19,8 ± 17,2 s	19,5 ± 10,9 s	15,15 ± 6,5 s
reakcje prawidłowe	8,6 ± 1,6 s	10,0 ± 0,9 s	8,9 ± 0,14 s	8,6 ± 0,54 s
brak reakcji	0 ± 0 s	0 s	0 s	0,14 ± 0,54 s
reakcje niepełne	0,7 ± 0,2 s	0 s	0,7 ± 0,14 s	0 s
reakcje błędne	0,2 ± 0,2 s	0,2 ± 0,1 s	0,7 ± 0,2 s	1,1 ± 0,2 s
R7: wersja 55 - test czasu reakcji z wyodróżnieniem zTU i MPD2 / oświecenia lub zTU / oświecenia i MPD2				
mediana czasu reakcji	41,5 ± 18,9 s	54,2 ± 22,9 s	52,0 ± 15,1 s	42,1 ± 17,3 s
mediana czasu ruchu**	20,2 ± 10,9 s	24,2 ± 11,1 s	19,7 ± 6,9 s	21,2 ± 12,9 s
reakcje** czasu reakcji	36,2 ± 24,1 s	36,7 ± 16,1 s	26,2 ± 0,9 s	36,5 ± 22,0 s
reakcje** czasu ruchu**	21,9 ± 23,2 s	26,7 ± 23,9 s	24,0 ± 11,9 s	19,8 ± 10,3 s
reakcje prawidłowe	15,1 ± 2,3 s	15,1 ± 0,9 s	15,7 ± 1,9 s	15,5 ± 1,3 s
brak reakcji	0,9 ± 1,9 s	0,4 ± 0,1 s	0,8 ± 0,9 s	0,3 ± 1,1 s
reakcje niepełne	0,2 ± 0,6 s	0 s	0,4 ± 0,3 s	0,14 ± 0,4 s
reakcje błędne	0,14 ± 0,4 s	0,12 ± 0,4 s	0,9 ± 0,2 s	0,8 ± 0,9 s
PERSEV - test bezkrytyczności pamięci w zadaniach				
współcz. redundancji I stopnia	1,46 ± 0,3	2,3 ± 0,4	1,44 ± 0,1	1,3 ± 0,1 s
współcz. redundancji II stopnia	53,9 ± 24,9	41,9 ± 22,5	33,7 ± 10,9	40,7 ± 26,9
procent błędnych reakcji	0	0	0	0
reakcje wielokrotne	3,9 ± 11,9	2,2 ± 10,9	0,9 ± 3,9	1,1 ± 2,1 s
DQRT - test pamięci o czasie trwania - czas trwania / pamięć / średnia / wartość				
bezpośrednia rozpamiętanie	5,8 ± 1,9	5,3 ± 1,9	5,4 ± 1,9	4,9 ± 1,2
średnia odpowiedzi	1,2 ± 0,7	1,9 ± 0,9	0,3 ± 0,4	0,9 ± 0,2
błędne odpowiedzi	4,3 ± 1,2	4,5 ± 1,2	4,6 ± 1,9	3,7 ± 0,9
czas wyliczenia	3,2 ± 1,3	3,5 ± 1,4	4,2 ± 1,5	3,9 ± 1,4

* rozkład = odchylenie ćwiartkowe*100/mediana

** czas od zwolnienia klawisza oczekiwania do naciśnięcia klawisza reakcji

*** liczba trafnych rozwiązań w określonym czasie