

Ocena skuteczności treningu obejmującego wykonywanie zadań dwuręcznej koordynacji wzrokowo-ruchowej na precyzję wykonywania czynności manualnych, aktywność mięśniową i funkcje poznawcze

Trening koordynacji dwuręcznej

Stanowisko do treningu koordynacji dwuręcznej

Trening koordynacji dwuręcznej wymaga wykonania serii zadań na komputerze, polegających na sterowaniu kursorami po określonych torach. Sterowanie odbywa się za pomocą dwóch nieruchomych drążków – po jednym na rękę. Każdy drążek jest podłączony do dwóch czujników, które mierzą moment w osiach prostopadłych do siebie. Pozycja kursora na ekranie jest proporcjonalna do momentu zginającego wywieranego przez badanego na drążek w danym kierunku (rys.1).



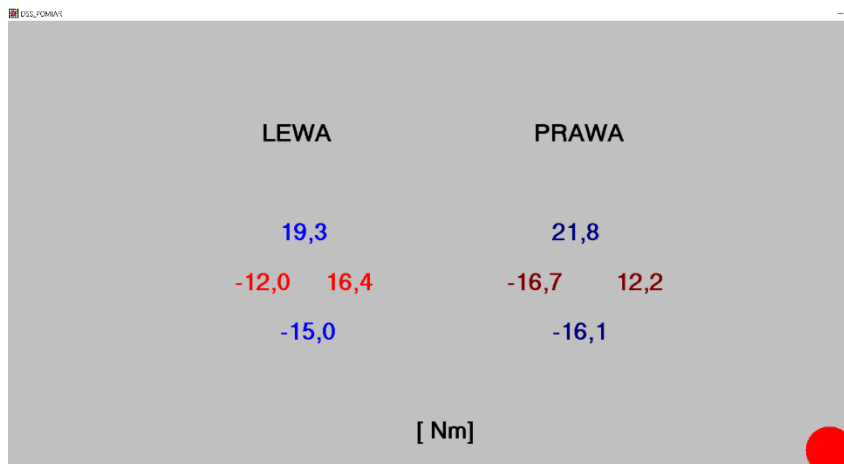
Rys.1. Widok stanowiska do treningu podnoszącego funkcje poznawcze i precyzję wykonywania czynności manualnych

Zadania objęte treningiem koordynacji dwuręcznej

Opracowany trening zawiera 8 zadań. Wykonywanie zadań poprzedzone jest wywieraniem siły na czujniki sterowania (Pomiar możliwości siłowych – maksymalne momenty siły). W zadaniach realizowane jest podążanie za obiektem, polegające na podążaniu za ruchomym obiektem, który ma zdefiniowany punkt wyjścia, trajektorię i punkt końcowy lub śledzenie kształtu. Ruch znacznika realizowany jest poprzez wywieranie siły w warunkach statycznych na dwa czujniki (kończyna lewa i kończyna prawa). Zadania zróżnicowane są ze względu na symetryczność, złożoność zadania, ale także prędkość ruchu znacznika.

Pomiar możliwości siłowych – maksymalne momenty siły

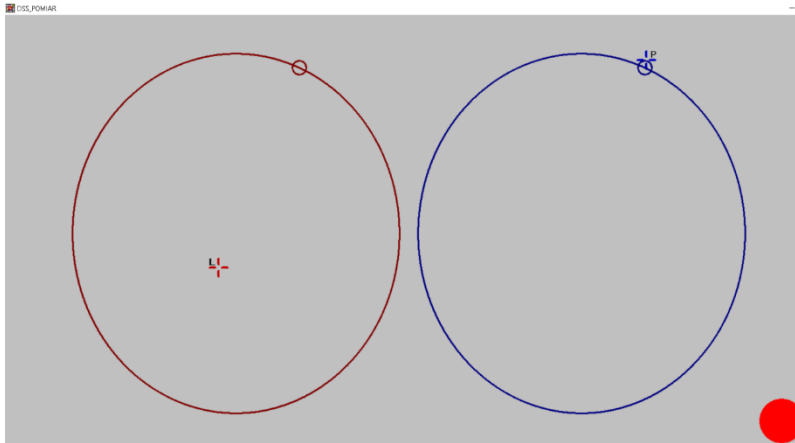
Pomiar maksymalnych momentów zginających w 4 kierunkach (przód, tył, lewo, prawo) wykonywany był dla każdej ręki osobno. Pomiar był przeprowadzany na początku oraz po zakończeniu sesji treningowej. Pomiar początkowy służył także do ustalenia zakresów sterowania przy następnych zadaniach. Zakresy te wynosiły 10% maksymalnych wartości dla wszystkich zadań za wyjątkiem zadania nr 4, gdzie zostało użyte 30% maksymalnych wartości. Okno pojawiające się podczas pomiaru możliwości siłowych przedstawiono na rys.2.



Rys.2. Okno pojawiające się podczas pomiaru możliwości siłowych

Zadanie: Znacznik po elipsie z prędkością wymuszona (EIWy)

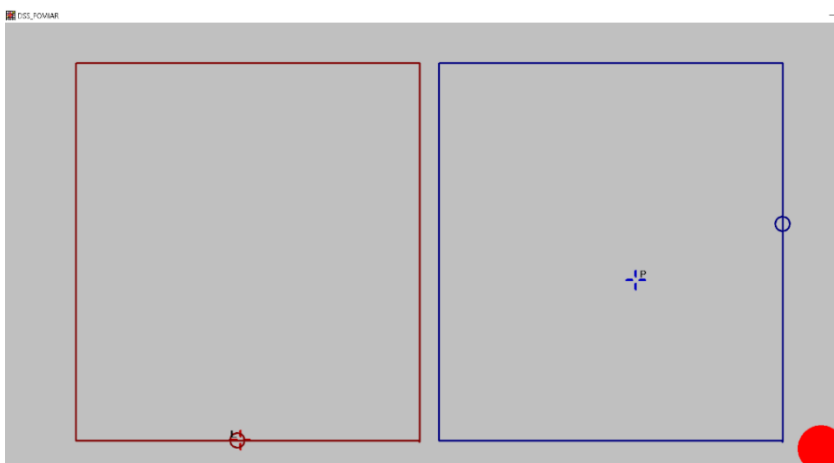
Podczas tego testu odbywało się sterowanie kursorami po elipsoidalnych torach z narzuconym tempem (rys.3). Zadaniem badanego było podążanie za poruszającymi się ze stałym tempem markerami. Pomiar kończył się w momencie wykonania przez markery pełnego okrążenia wokół elipsy. Markery poruszały się w tym samym kierunku.



Rys.3. Okno pojawiające się podczas zadania „Znacznik po elipsie z prędkością wymuszoną”

Zadanie: Znacznik po prostokącie z prędkością wymuszoną (PrWy)

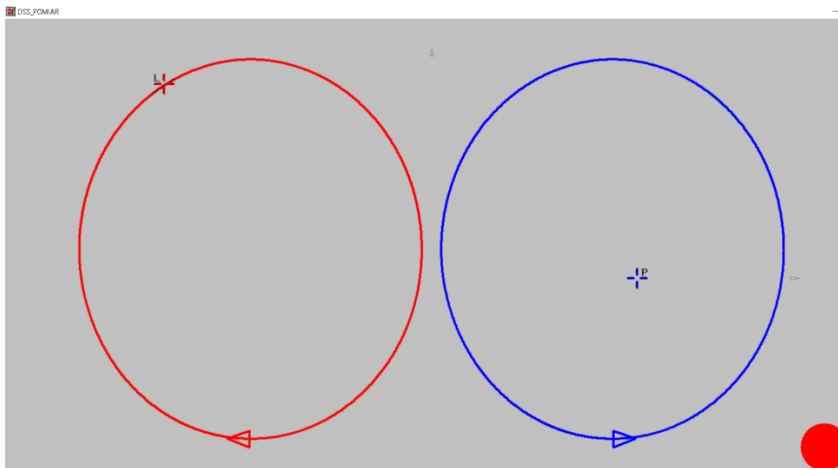
W teście tym odbywało się sterowanie kursorami po prostokątnych torach z narzuconym tempem w kierunku przeciwnym dla obu rąk (rys.4). Zadaniem badanego było podążanie za poruszającymi się ze stałym tempem markerami. Pomiar kończył się w momencie wykonania przez markery pełnego okrążenia wokół prostokątów. Markery poruszały się w przeciwnym kierunku. Występuje zadanie złożone, podczas którego prawa i lewa kończyna wywierają siłę na czujnikach w kierunkach wzajemnie prostopadłych. Prędkość w kierunku poziomym jest dwa razy większa od prędkości w kierunku pionowym.



Rys.4. Okno pojawiające się podczas zadania „Znacznik po prostokącie z prędkością wymuszoną”

Zadanie: Znacznik po elipsie z prędkością dowolną (EIDo)

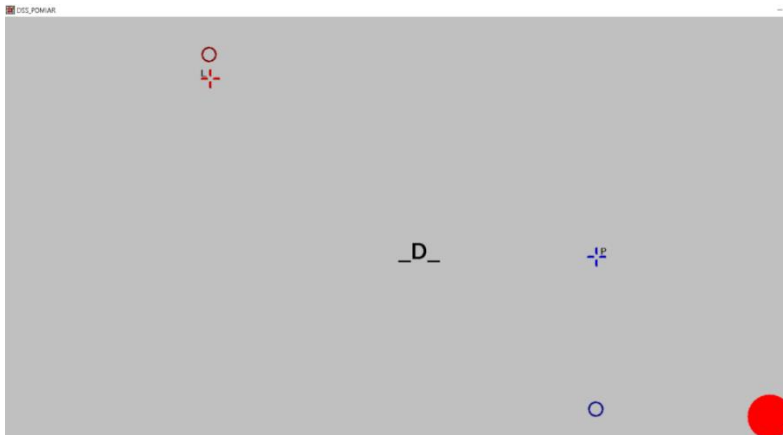
Podczas wykonywania testu odbywało się sterowanie kursorami po elipsoidalnych torach przez 60 sekund z dowolnym tempem w kierunku przeciwnym dla obu rąk, czyli w fazie (rys.5). Pomiar rozpoczynał się od najechania oboma kursorami na strzałki znajdujące się na dole elipsy. Strzałki te wskazywały kierunek, w którym należało poruszać się po elipsoidalnym torze. Tempo poruszania się po torach było dowolne, lecz wymaganym było, aby ruch był symetryczny.



Rys.5. Okno pojawiające się podczas zadania „Znacznik po elipsie z prędkością dowolną”

Zadanie: Duża lub mała litera (Litera)

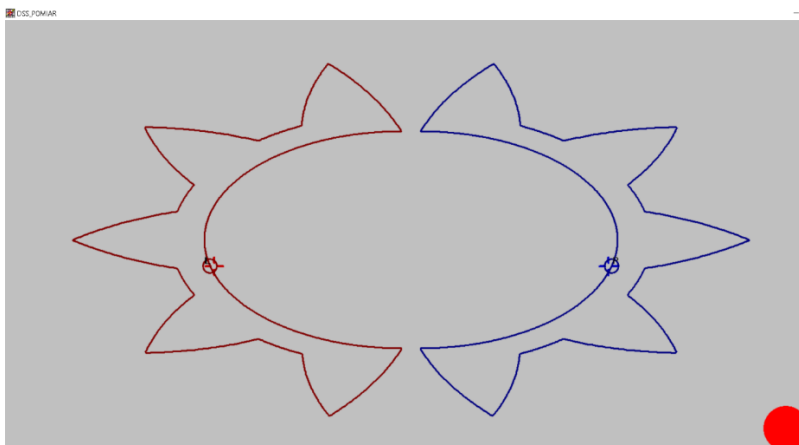
Zadaniem badanego była reakcja na pojawiającą się na środku ekranu literę. Na środku ekranu wyświetlała się losowo mała lub wielka literka alfabetu łacińskiego (rys.6). Wielka literka informowała badanego o tym, że zadanie należało wykonać lewą ręką, zaś mała literka – prawą ręką. Pomiar trwa 120 sekund od momentu wykonania pierwszego zarejestrowanego ruchu badanego. Mierzony był czas reakcji oraz prędkość doprowadzenia kursora od jednego punktu znajdującego się na dole ekranu do drugiego, znajdującego się na górze ekranu.



Rys.6. Okno pojawiające się podczas zadania „Duża lub mała litera”

Zadanie: Znacznik po koronie z prędkością wymuszoną (KoWy)

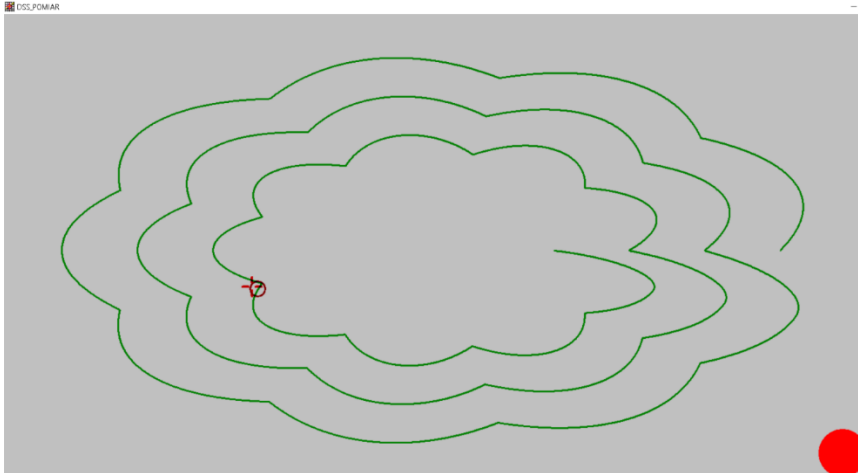
Sterowanie kursorami po torach przypominających koronę (rys.7). Prędkość ruchu była narzucona poprzez poruszające się ze stałą prędkością markery. Zadaniem badanego było podążanie za tymi markerami. Kierunek ruchu obu markerów po torach był przeciwny (ruch w fazie), czego efektem był ruch symetryczny względem środka ekranu. Zadanie realizowane jest w dwóch odsłonach. W pierwszej odsłonie ruch odbywa się najpierw po obwodzie zewnętrznym, a później po obwodzie wewnętrznym. W drugiej odsłonie znaczniki rozpoczynają ruch od okręgu wewnętrznego.



Rys.7. Okno pojawiające się podczas zadania „Znacznik po koronie z prędkością wymuszoną”

Zadanie: Znacznik po chmurce z prędkością wymuszoną (ChWy)

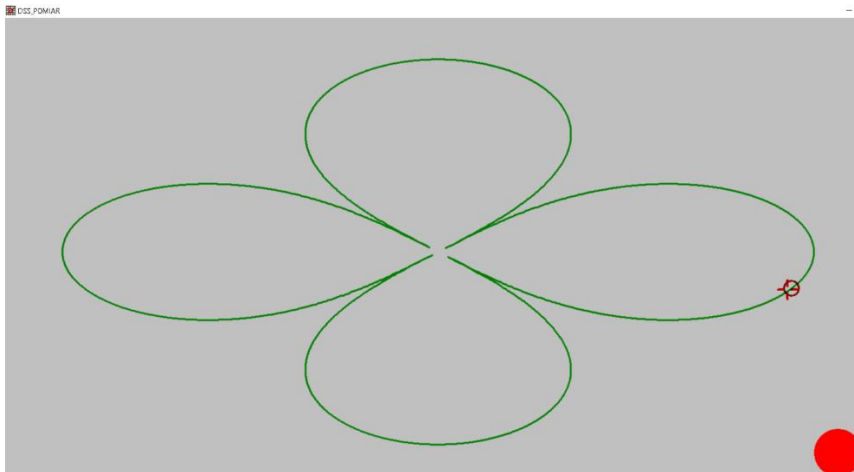
W tym teście odbywa się sterowanie jednym kursorem po torze w kształcie chmury. Sterowanie kursorem odbywało się za pomocą obu drążków, przy czym za ruch w poziomie (lewo-prawo) odpowiadał drążek lewy, zaś za ruch w pionie (górną-dół) odpowiadał drążek prawy. Prędkość ruchu była narzucona przez poruszający się ze stałą prędkością marker.



Rys.8. Okno pojawiające się podczas zadania „Znacznik po chmurce z prędkością wymuszoną”

Zadanie: Znacznik po koniczynie z prędkością wymuszoną (KoWy)

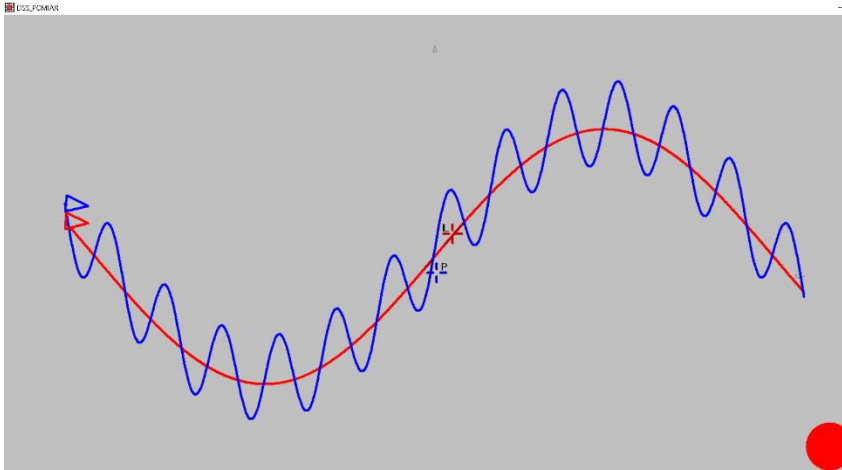
Podczas tego testu odbywało się sterowanie jednym kursorem po torze w kształcie czterolistnej koniczyny (rys.9). Sterowanie kursorem odbywało się za pomocą obu drążków, przy czym za ruch w poziomie (lewo-prawo) odpowiadał drążek lewy, zaś za ruch w pionie (górze-dół) odpowiadał drążek prawy. Prędkość ruchu była narzucona przez poruszający się ze stałym tempem marker.



Rys.9. Okno pojawiające się podczas zadania „Znacznik po koniczynie z prędkością wymuszoną”

Zadanie: Znaczniki po sinusoidach z prędkością dowolną (SiWy)

Wykonanie tego testu polega na sterowaniu dwoma kursorami po liniach w kształcie sinusoidy z dowolnym tempem przez maksymalnie 60 sekund (rys.10). Pomiar rozpoczynał się w momencie umieszczenia obu kursorów na strzałkach, będących początkiem linii. Tempo poruszania się po liniach było dowolne, lecz wymagany jest aby kursor lewy oraz kursor prawy były możliwie jak najbliżej siebie.



Rys.10. Okno pojawiające się podczas zadania „Znaczniki po sinusoidach z prędkością dowolną”

Wielkości charakteryzujące jakość sterowania w treningu koordynacji dwuręcznej

W przypadku, gdy zadania koordynacji dwuręcznej służą poprawie funkcjonowania lub do sprawdzania motoryki, zadania muszą być sparametryzowane. Parametry dotyczące zadania odnoszą się zarówno do charakterystyki tego zadania jak i do wskaźników różnicujących wykonanie zadania (Wskaźnikiem jakości wykonania zadania).

Wskaźnikiem jakości wykonania zadania jest zazwyczaj czas reakcji, ale także precyzja, która wyraża zdolność do dokładnego utrzymania wymagań przestrzennych i fazowych, i jest wskaźnikiem dokładności. W zadaniach związanych z koordynacją dwuręczną, gdzie sterowanie odbywa się za pomocą siły, typowymi wskaźnikami są zmienność siły wyjściowej i wzór wywieranej siły (Spirduso i Choi, 1993).

W opracowanym treningu TCP wskaźnikami wykonania zadania są parametry obliczane na podstawie różnicy pomiędzy położeniem punktu wzorca, a położeniem punktu docelowego oraz na czasie wykonania zadania. Wskaźnik jakości wykonania każdego z testów obliczane są jako następujące parametry:

- Uchyb MAX – dla wzorców dwuwymiarowych jest maksymalną odległością między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania
- BŁĄD – wartość całki z różnicy między przebiegiem krzywej wzorcowej i przebiegiem krzywej odwzorowania odniesiona do czasu wykonania zadania
- SD – odchylenie standardowe różnic między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania.

Zastosowanie treningu koordynacji dwuręcznej

Grupa osób w wieku 55-67 lat została poddana treningowi koordynacji dwuręcznej. Trening składał się sześciu sesji następujących po sobie w odstępach 2 do 3 dni. Podczas każdej sesji zadania objęte treningiem wykonane były trzykrotnie, przy zwiększającej się prędkości poruszania się znacznika w każdym z kolejnych testów. Na początku pierwszego oraz na końcu ostatniego spotkania badani dodatkowo wykonywali testy wchodzące w skład Wiedeńskiego systemu testów.

Ocena skuteczności treningu koordynacji dwuręcznej

Ocenę skuteczności przeprowadzana jest z zastosowaniem wskaźników charakteryzujących jakość sterowania w treningu koordynacji dwuręcznej oraz wskaźników Wiedeńskiego Systemu Testów. Skuteczność wyrażana jest stosunkiem wartości wskaźnika charakteryzującego ostatnią, szóstą sesję treningu do wskaźnika charakteryzującego sesję pierwszą.

Wskaźniki charakteryzujące jakość sterowania w treningu koordynacji dwuręcznej

Badania przeprowadzono na dwóch 25 osobowych grupach: w wieku 20-30 lat i w wieku 60-67 lat.

Wskaźniki Wiedeńskiego Systemu Testów

Wiedeński System Testów (WST) jest komputerowym systemem wspierającym diagnostykę psychologiczną, którego twórcą i producentem jest austriacka firma Dr. G. Schuhfried GmbH (rys.4). Zaletą komputerowej wersji testów jest standaryzacja i obiektywizacja badań oraz ciągła aktualizacja norm.



Rys. 4. Zestaw służący do przeprowadzania testów WST.

Na podstawie przeglądu literatury do badań funkcji poznawczych w grupie osób starszych wybrane zostały testy:

- uwaga, w tym przerzutność uwagi,
- przeszukiwanie pola wzrokowego,
- tempo przetwarzania informacji, pamięć robocza,
- funkcje wykonawcze
- poziomu koordynacji dwuręcznej

Test 2 HAND wchodzący w skład baterii WST służy do określania poziomu koordynacji w zakresie oko-ręka (wzrokowo-ruchowej) i ręka-ręka (dwuręcznej). Poziom ten odzwierciedla stopień współdziałania między sferą odbioru informacji sensorycznych i sferą działań motorycznych (Łuczak, 2005).

Na ekranie monitora narysowana jest trasa składająca się z trzech odcinków o różnych kształtach, stawiających różnego rodzaju wymagania przed koordynacją prawej i lewej ręki. Zadaniem osoby badanej jest przesuwając kursor wzdłuż trasy, za pomocą dwóch drążków (joysticków). Jeden z nich służy do przesuwania wskaźnika w kierunku poziomym, drugi zaś – w kierunku pionowym. Należy przebyć całą trasę możliwie szybko i dokładnie.

Wskaźnikami liczonymi na podstawie ukończenia testu są:

- Średni czas przejścia całej trasy (MT_{2HAND}): Zmienna opisuje średni czas przebycia trasy.

Mierzy szybkość przesuwania się, a tym samym wydajność osoby badanej. Wysoki wynik oznacza, że osoba badana jest w stanie szybko konwertować informacje o położeniu punktu względem wyznaczonej trasy.

- Średni czas błędów (ME_{2HAND}): Zmienna opisuje całkowity czas (we wszystkich przebiegach), w którym punkt znajdował się poza wyznaczoną trasą.

- Procent czasu błędów (PE_{2HAND}): Zmienna określa stosunek całkowitego czasu błędów do całkowitego czasu trwania testu.

Test podwójnego labiryntu_B19 ocenia koordynację wzrokowo-ruchową (koordynację sensomotoryczną) w warunkach określonej prędkości. Zadaniem osoby badanej jest jednocześnie utrzymanie dwóch kulek w środku wyznaczonych dla nich tras, przy pomocy dwóch pokręteł na panelu reakcyjnym. Lewe pokrętło kieruje lewą kulką, zaś prawe pokrętło – kulką prawą. Kulki nie mogą dotykać krawędzi wyznaczonych tras ani wychodzić poza trasę. Jeśli tak się zdarzy, należy jak najszybciej poprawić pozycję kulki za pomocą odpowiedniego pokrętła. W trakcie trwania testu zmienia się szerokość i przebieg trasy.

W teście B19 wyliczane są następujące wskaźniki:

- Czas trwania błędów (ED_{DL}): Jest to główna zmienna testu. Określa czas, w którym kulki w prawym i lewym torze dotykały krawędzi (maksymalnie 330 sekund). Zmienna określająca miarę jakości działania osoby badanej, wskazuje również, jak udaje się osobie badanej konwersja bardzo niewielkich odchyłeń od zamierzonej trasy do odpowiednich ruchów kompensacyjnych. Wymaga to ciągłego zbierania informacji o aktualnym położeniu kulki w stosunku do zbliżających się zmian kształtu torów. Wynik zależy zatem nie tylko od precyzji ruchów motorycznych, ale także od dokładności przetwarzania informacji
- Procent czasu trwania błędów (EP_{DL}): Stosunek czasu błędów do całkowitego czasu (2×165 sekund) wyrażone w procentach
- Liczba błędów (F): Ile razy kulki w prawym i lewym torze dotknęły ich krawędzi. Zmienna określająca miarę koordynacji sensomotorycznej osoby badanej

RT Test Reakcji (Wersja S3) jest testem tempa przetwarzania informacji i służy do ogólnej oceny szybkości procesów poznawczych w poszczególnych fazach zadania. Zadaniem osoby badanej jest jak najszybsza reakcja na sygnał wzrokowy i akustyczny poprzez naciśnięcie przycisku na panelu reakcyjnym: gdy na ekranie pokazuje się żółta lampka i równocześnie osoba badana słyszy sygnał akustyczny, powinna jak najszybciej przenieść palec wskazujący z przycisku spoczynkowego i nacisnąć wskazany wcześniej przez eksperymentatora przycisk reakcji. Nie powinna zaś reagować na pojawienie się samej żółtej lampki bądź samego sygnału dźwiękowego.

W teście liczone są następujące wskaźniki:

- Średni czas reakcji (MRT) - okres od pojawienia się odpowiedniego bodźca, do momentu oderwania palca od przycisku oczekiwania. Uzyskany wynik jest czasem reakcji. Wysoki wynik wskazuje, że w porównaniu do grupy odniesienia osoba badana ma ponadprzeciętne zdolności do szybkiej reakcji w odpowiedzi na istotne bodźce lub szereg bodźców.
- Średni czas motoryczny (MMT) - okres, jaki upływa od chwili oderwania palca od przycisku oczekiwania do momentu naciśnięcia przycisku reakcji, w odpowiedzi na odpowiednie bodźce.

Wynik stanowi czysty pomiar czasu reakcji. Wysoki wynik wskazuje że osoba badana reaguje szybciej na bodźce proste lub złożone w porównaniu do przeciętnej wartości w populacji.

Test rozpiętości pamięci CORSI (Corsi Block-Tapping Test, wersja S1 i S5) wchodzący w skład baterii WST mierzy spostrzegawczość przestrzenną i pamięć roboczą, jest predyktorem

rozwoju funkcji poznawczych. Zadaniem osób badanych jest powtórzenie kolejności wskazywanych przez kursor na monitorze kostek - wprost i wspak (w kolejności przeciwnej do prezentowanej). Długość sekwencji do zapamiętania zwiększa się od trzech kostek do ośmiu. Długość danego ciągu wzrasta po każdym trzecim ciągu póki nie zostanie uzyskane maksimum ośmiu odtworzonych brył. Liczone w tym teście wskaźniki to:

- Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci (UBS) wprost - Zmienna określająca rozpiętość wizualno-przestrzennej pamięci roboczej. Odpowiada to maksymalnej długości sekwencji, która została powtórzona prawidłowo przynajmniej dwa razy.
- Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci (UBS) wspak - Zmienna określająca rozpiętość wizualno-przestrzennej pamięci roboczej. Odpowiada to maksymalnej długości sekwencji, która została powtórzona prawidłowo przynajmniej dwa razy.

Przeprowadzenie testu w dwóch wersjach (wprost i wspak) zajmuje w sumie ok. 16 minut (8 minut wersja wprost i 8 minut wersja wspak).

Cognitron (COG, Wersja S11) jest testem uwagi, wchodzący w skład Wiedeńskiego Systemu Testów. Zadaniem osób badanych jest porównanie wzorcowej figury geometrycznej z innymi figurami i poprzez naciśnięcie odpowiednich przycisków określanie czy dana figura jest identyczna z jedną z czterech wyświetlanych na ekranie, czy też nie. W teście liczone są następujące wskaźniki:

- Średni czas poprawnie odrzuconych (MTR) – główna zmienna mierząca uwagę selektywną. Poprawne odrzucenie oznacza poprawną odpowiedź NIE (naciśnięcie czerwonego przycisku w reakcji na bodziec niekrytyczny).

Aby rzeczywiście móc uchwycić aspekty koncentracji, musi być spełniony warunek poprawnego wykonania przynajmniej 85% zadań, ponieważ tylko wtedy regulację tempa pracy przez osobę badaną można ocenić jako udaną. Oznacza to zarówno 85% prawidłowych reakcji na właściwy bodziec (trafione), jak również 85% prawidłowych reakcji na niewłaściwy bodziec (poprawnie odrzucone). Jeśli kryterium 85% prawidłowych odpowiedzi jest spełnione, wówczas „indywidualne tempo pracy”, które wyraża zmienna „średni czas poprawnie odrzuconych”, jest dobrym wskaźnikiem zdolności koncentracji i automatycznie obliczona norma może być podstawą interpretacji.

Program interpretujący wyniki automatycznie sprawdza, czy kryterium 85% zostało spełnione. Jeśli odsetek prawidłowych odpowiedzi jest mniejszy od 85%, program wyświetla

odpowiedni komunikat. Wówczas mamy do czynienia z nieudaną regulacją tempa pracy i zmienna „Średni czas poprawnie odrzuconych” nie nadaje się do interpretacji.

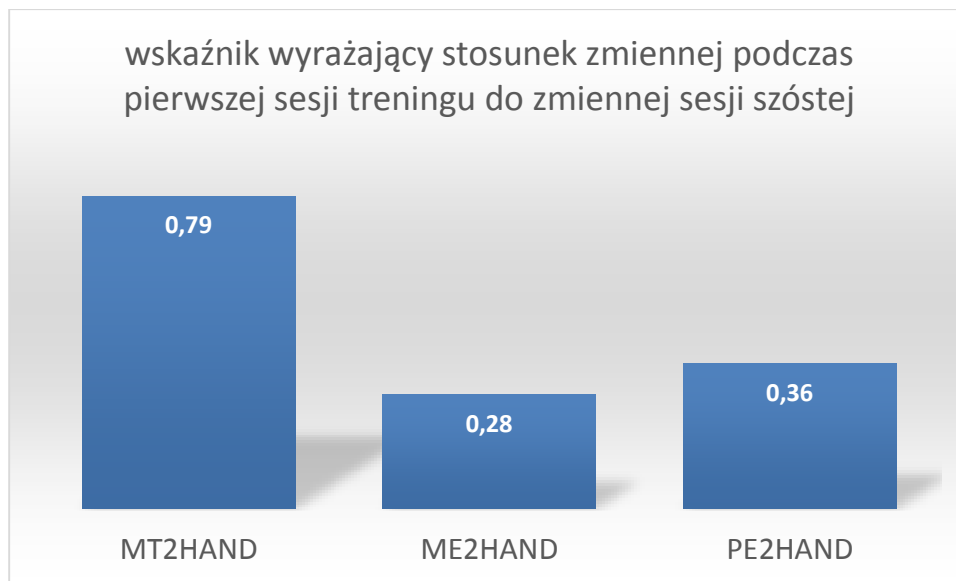
- Średni czas poprawnie zaakceptowanych (MTA). Poprawne zaakceptowanie oznacza poprawną odpowiedź TAK (przyciśnięcie zielonego przycisku w reakcji na bodziec krytyczny).

Wskaźniki charakteryzujące jakość sterowania w treningu koordynacji dwuręcznej

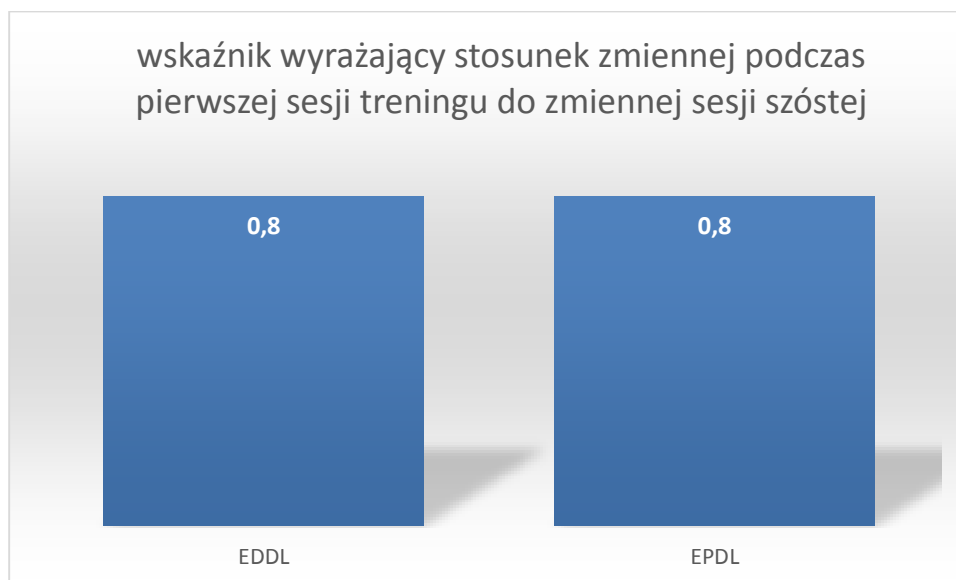


Rys.7. Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas sesji pierwszej (Uchyb MAX – maksymalna odległość między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania; Error – iloraz wartości całki z różnicy między przebiegiem krzywej wzorcowej i przebiegiem krzywej odwzorowania a krzywą odwzorowania policzona i czasu trwania analizowanego fragmentu; SD – odchylenie standardowe różnic między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania).

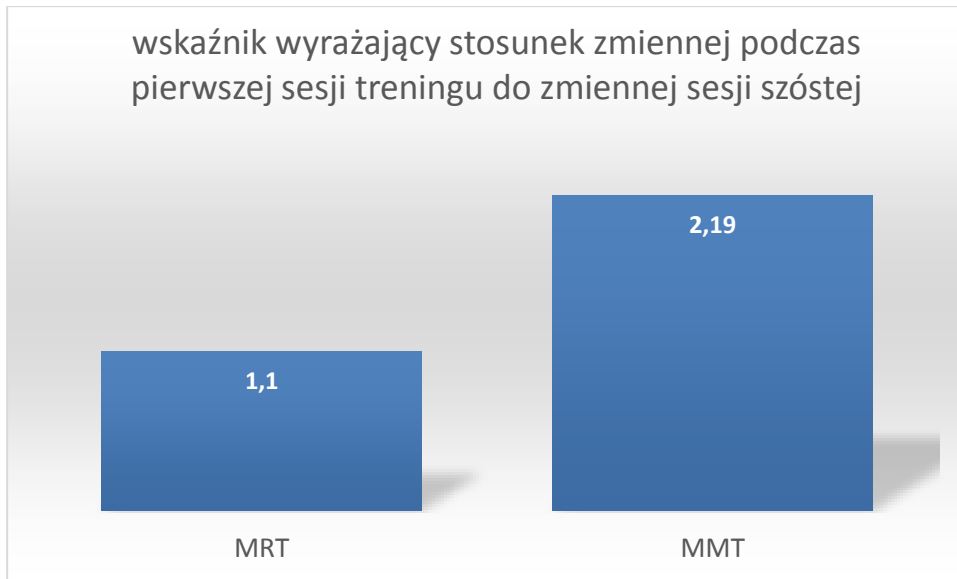
Wskaźniki charakteryzujące wykonanie zadań Wiedeńskiego Systemu Testów



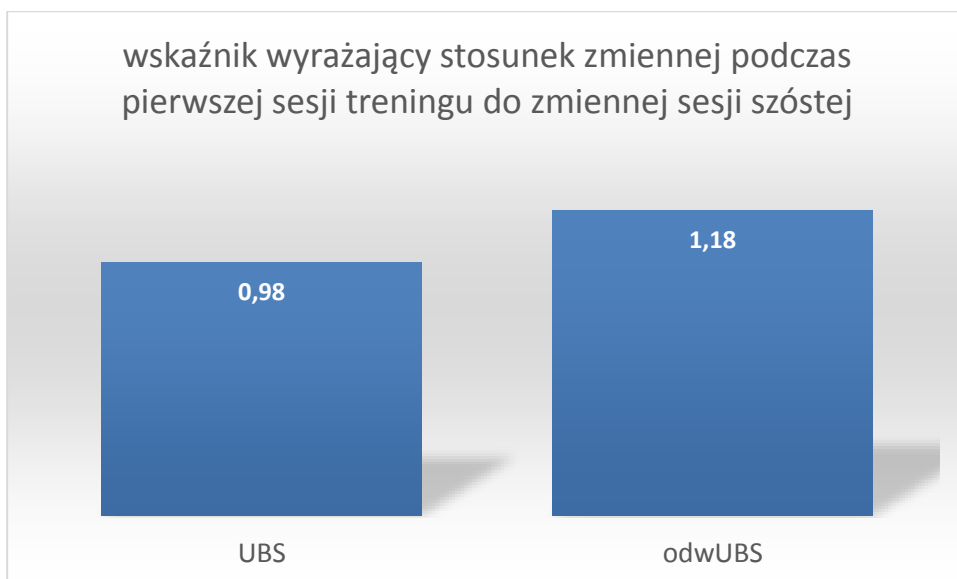
Rys.8. **Test koordynacji rąk – 2 HAND.** Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas sesji pierwszej (MT_{2HAND} - Średni czas przejścia całej trasy; ME_{2HAND} - Średni czas błędów; PE_{2HAND} - Procent czasu błędów).



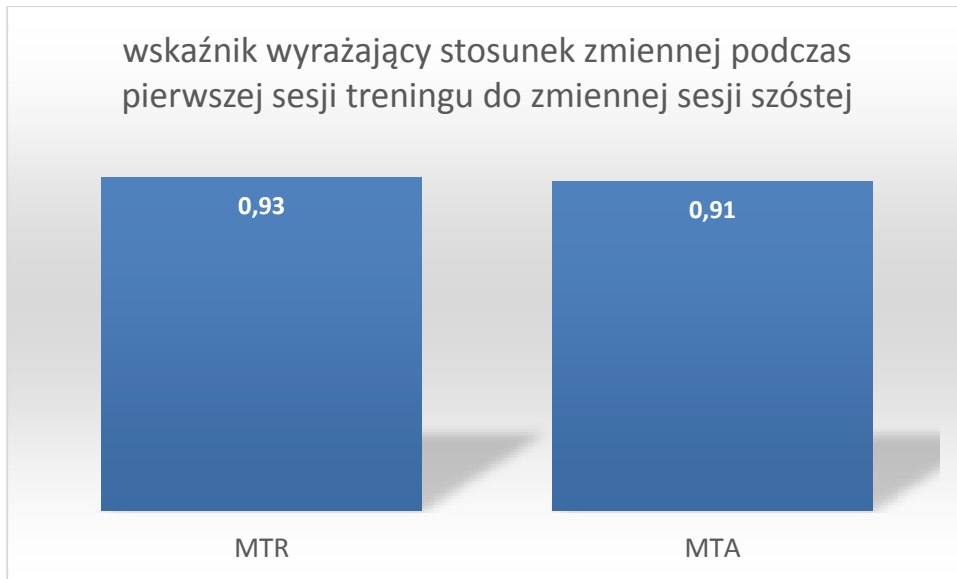
Rys.9. **B19 Test podwójnego labiryntu.** Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas sesji pierwszej (ED_{DL} - Czas trwania błędów; EP_{DL} - Procent czasu trwania błędów).



Rys.10. **RT Test Reakcji (Wersja S3)**. Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas sesji pierwszej (MRT - Średni czas reakcji; MMT - Średni czas motoryczny).



Rys.11. **CORSI (Corsi Block-Tapping Test, wersja S1 i S5)**. Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas sesji pierwszej (UBS - Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci; odwUBS - Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci wspan).



Rys.12. **Cognitron (COG, Wersja S11)**. Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas sesji pierwszej (MTR - Średni czas poprawnie odrzuconych; MTA - Średni czas poprawnie zaakceptowanych).

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych testów wskazują na znacząco niższe wartości wskaźników jakości sterowania oraz zmiennych Wiedeńskiego Systemu Testów służących ocenie koordynacji.

Również w przypadku zmiennych testu oceniających funkcje poznawcze. Wyjątek stanowią zmienne: Średni czas motoryczny w teście reakcji oraz zmienne Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci i Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci w teście CORSI.