

**OCENA SKUTECZNOŚCI
TRENINGU – ZADANIA
DWURĘCZNEJ KOORDYNACJI
WZROKOWO-RUCHOWEJ
NA PRECYZJĘ WYKONYWANIA
CZYNNOŚCI MANUALNYCH,
AKTYWNOŚĆ MIĘŚNIOWĄ
I FUNKCJE POZNAWCZE**

Materiały informacyjne CIOP-PIB

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

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt I.N.06: Badanie możliwości zastosowania zadań koordynacji wzrokowo-ruchowej do treningu podnoszącego funkcje poznawcze i precyzję wykonywania czynności manualnych w zależności od wieku

Autorzy:

prof. dr hab. inż. Danuta Roman-Liu – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ergonomii, Pracownia Biomechaniki, mgr Zofia Mockała – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ergonomii, Pracownia Psychologii i Socjologii Pracy

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

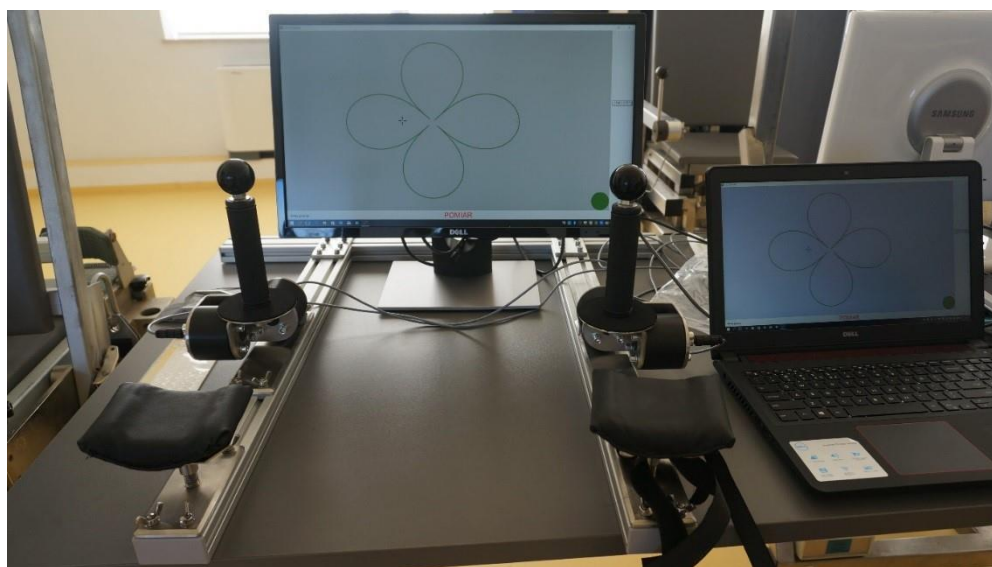
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Trening koordynacji dwuręcznej

Stanowisko do treningu koordynacji dwuręcznej

Trening koordynacji dwuręcznej wymaga wykonania na komputerze serii zadań 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).



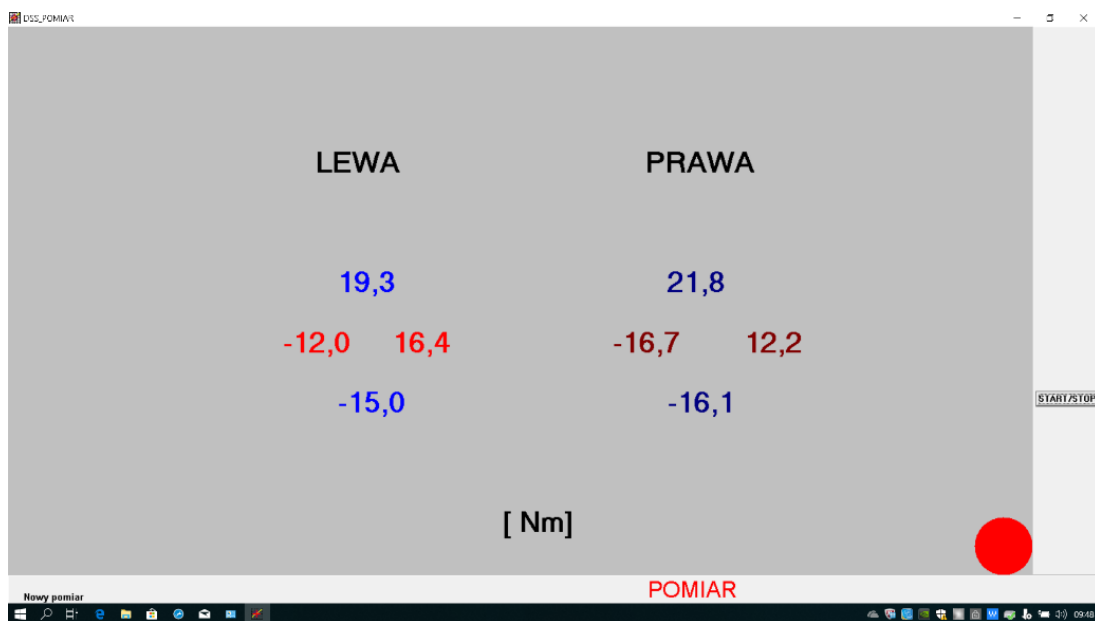
Rys. 1. Widok stanowiska do treningu podnoszącego funkcje poznawcze i precyzję wykonywania czynności manualnych

Zadania objęte treningiem koordynacji dwuręcznej

Opracowany trening zawiera osiem 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 zdefiniowane: punkt wyjścia, trajektorię i punkt końcowy, lub śledzenie kształtu. Ruch znacznika realizowany jest przez wywieranie siły w warunkach statycznych na dwa czujniki (kończyna lewa i kończyna prawa). Zadania różnią się pod względem symetryczności, złożoności zadania, jak również prędkości ruchu znacznika.

Pomiar możliwości siłowych – maksymalne momenty siły

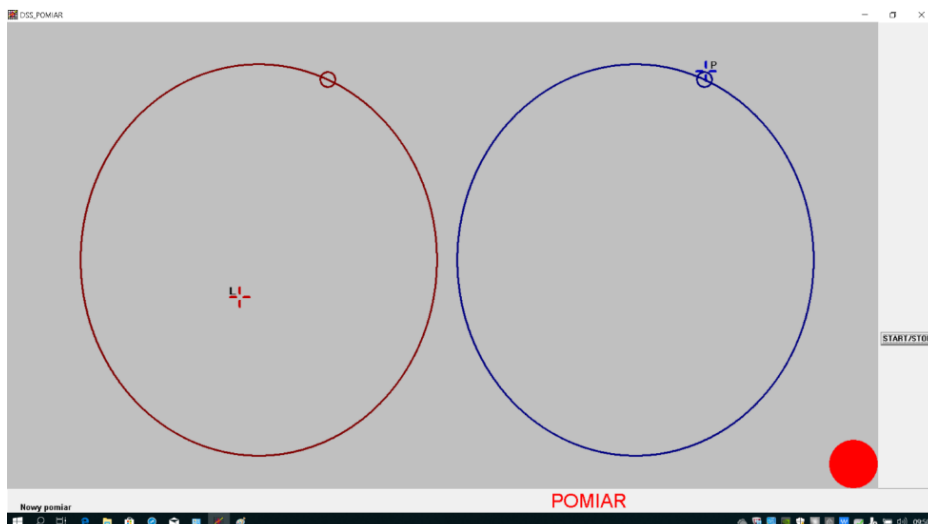
Pomiar maksymalnych momentów zginających w czterech kierunkach (przód, tył, lewo, prawo) wykonywany był dla każdej ręki osobno. Pomiar przeprowadzano na początku oraz po zakończeniu sesji treningowej. Pomiar początkowy służył także do ustalenia zakresów sterowania przy następnych zadaniach. Zakresy te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



Rys. 2. Okno pojawiające się podczas pomiaru możliwości siłowych

Zadanie: Znacznik po elipsie z prędkością wymuszoną

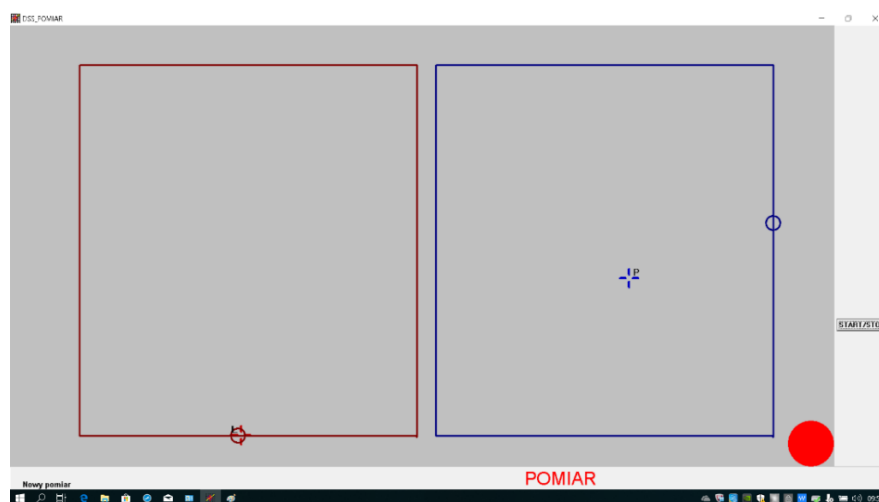
Podczas tego testu odbywało się sterowanie kursorami po elipsoidalnych torach z narzuconym tempem (rys. 3). Zadaniem badanego było podążanie za poruszającymi się ze stałym tempem markerami. Pomiar kończył się w momencie wykonania przez markery pełnego okrążenia wokół elipsy. Markery poruszały się w tym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



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

Zadanie: Znacznik po prostokącie z prędkością wymuszoną

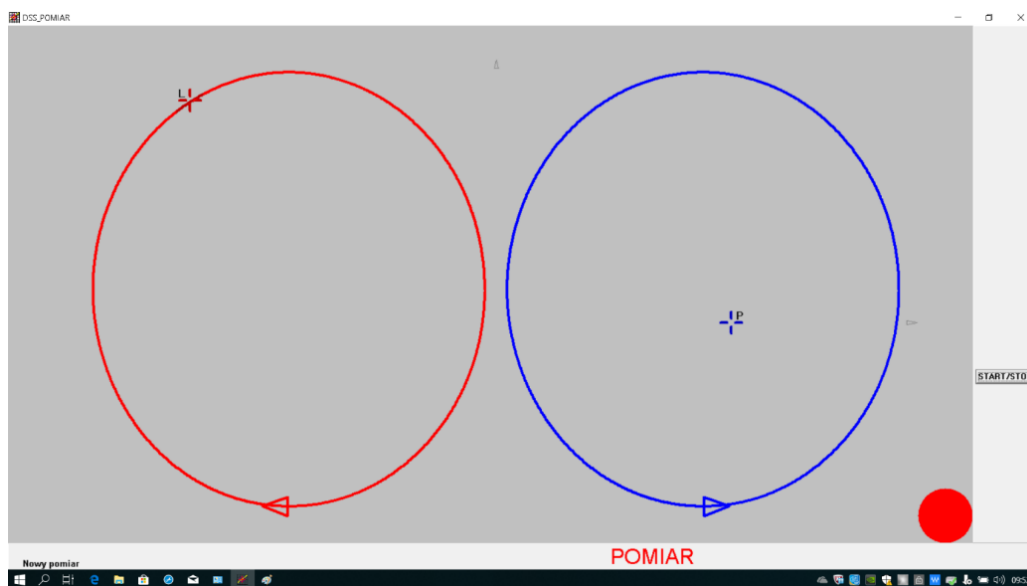
Test polegał na sterowaniu kursorami po prostokątnych torach z narzuconym tempem w kierunku przeciwnym dla obu rąk (rys. 4). Zadaniem badanego było podążanie za poruszającymi się ze stałym tempem markerami. Pomiar kończył się w momencie wykonania przez markery pełnego okrążenia wokół prostokątów. Markery poruszały się w przeciwnym kierunku. Występuje zadanie złożone, podczas którego prawa i lewa kończyna wywierają siłę na czujniki 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

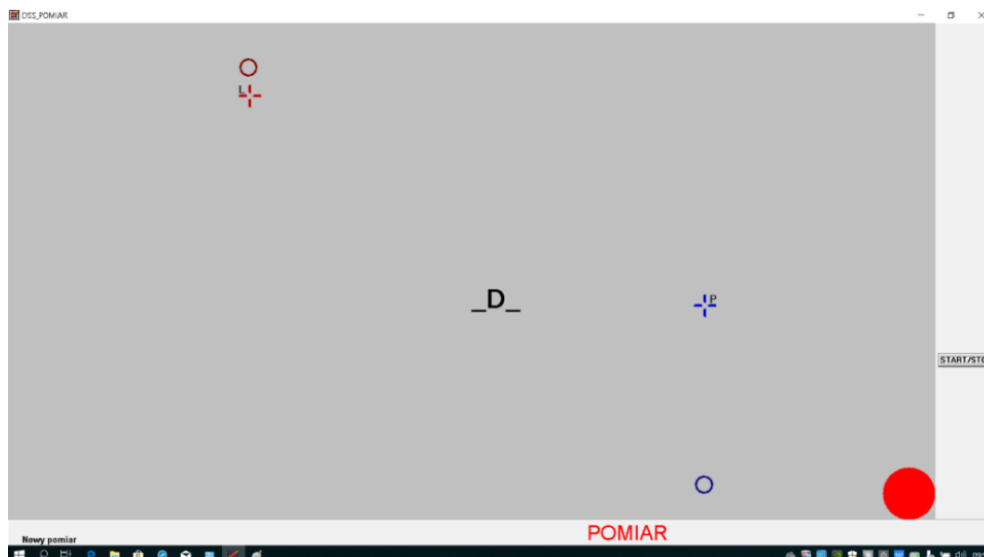
Podczas wykonywania testu odbywało się sterowanie kursorami po elipsoidalnych torach przez 60 sekund z dowolnym tempem w kierunku przeciwnym dla obu rąk, czyli w fazie (rys. 5). Pomiar rozpoczynał się od najechania oboma kursorami na strzałki znajdujące się na dole elipsy. Strzałki te wskazywały kierunek,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



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

Zadanie: Duża lub mała litera

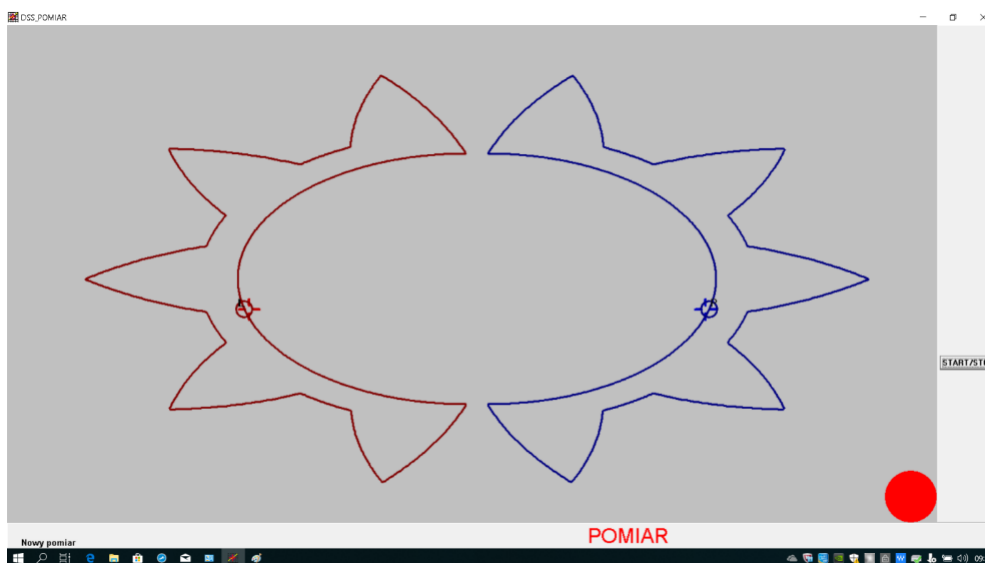
Zadaniem badanego była reakcja na pojawiającą się na ekranie literę. Na środku ekranu wyświetlała się losowo mała lub wielka litera alfabetu łacińskiego (rys. 6). Wielka litera informowała badanego o tym, że zadanie należy wykonać lewą ręką, zaś mała litera – że prawą. Pomiar trwał 120 sekund od momentu wykonania pierwszego zarejestrowanego ruchu badanego. Mierzono 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

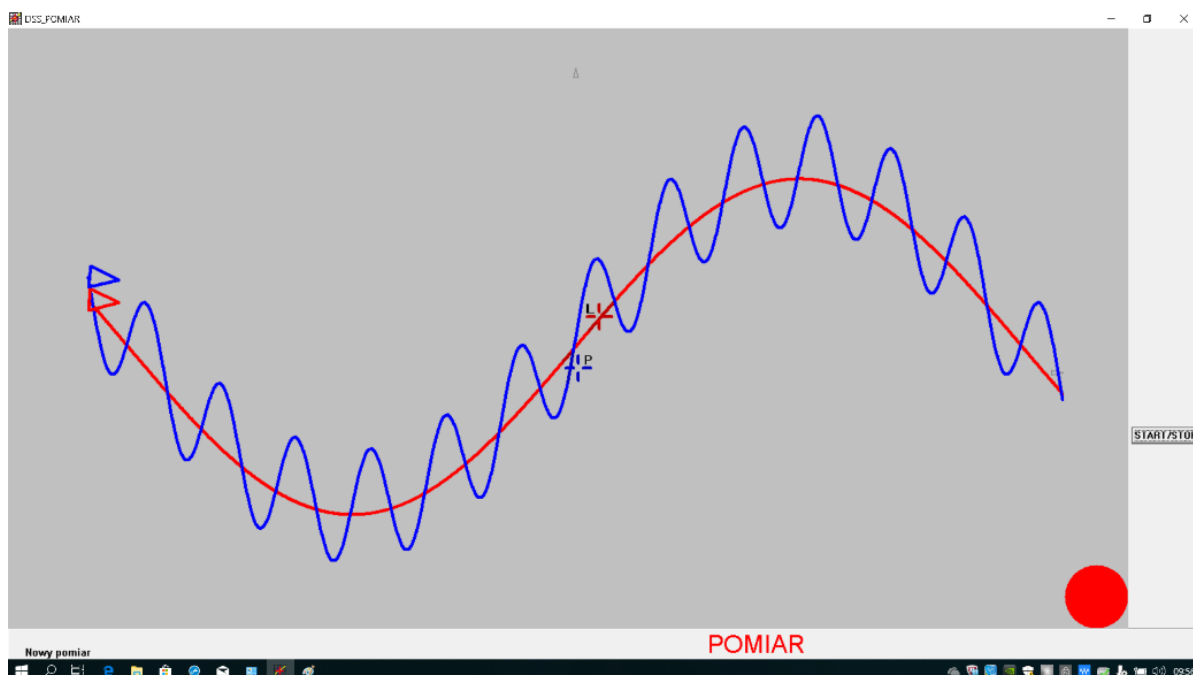
Sterowanie kursorami po torach przypominających koronę (rys. 7). Prędkość ruchu była narzucona przez poruszające się ze stałą prędkością markery. Zadanie badanego polegało na podążaniu za tymi markerami. Kierunek ruchu obu markerów po torach był przeciwny (ruch w fazie), co dawało ruch symetryczny względem środka ekranu. Zadanie realizowane jest w dwóch odstępach. W pierwszej odstępach ruch odbywa się najpierw po obwodzie zewnętrznym, a później po obwodzie wewnętrznym. W drugiej odstępach 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

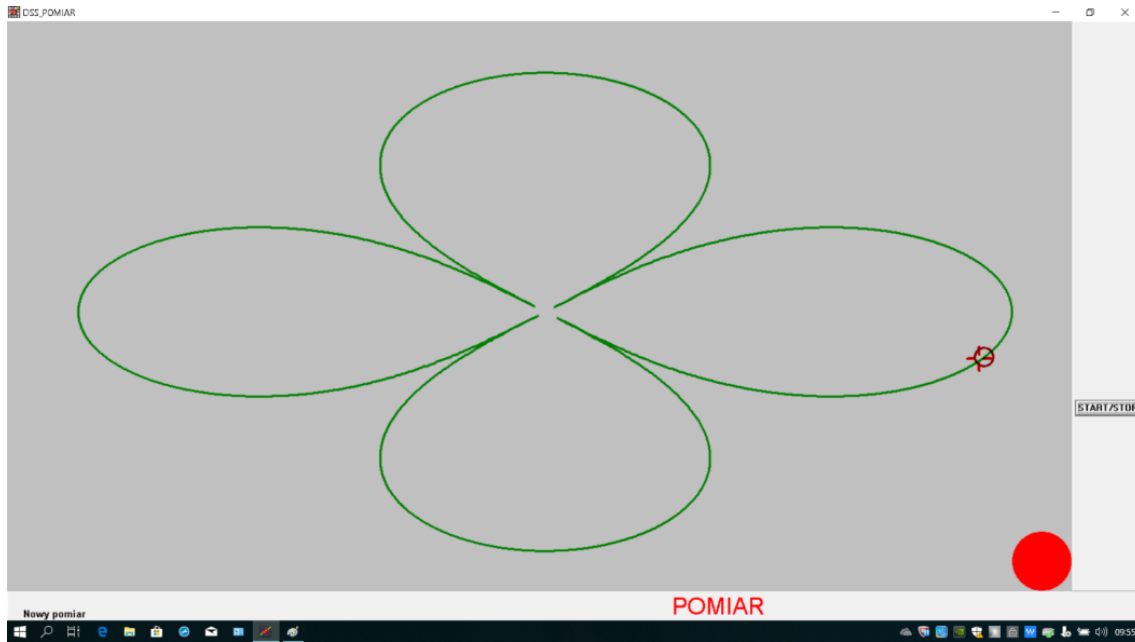
W tym teście odbywało się sterowanie jednym kursorem po torze w kształcie chmury. Do sterowania kursorem służyły oba drążki, przy czym za ruch w poziomie (lewo–prawo) odpowiadał drążek lewy, zaś za ruch w pionie (górną–dół) – drążek prawy. Prędkość ruchu była narzucona przez poruszający się ze stałą prędkością marker.



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

Zadanie: Znacznik po koniczynie z prędkością wymuszoną

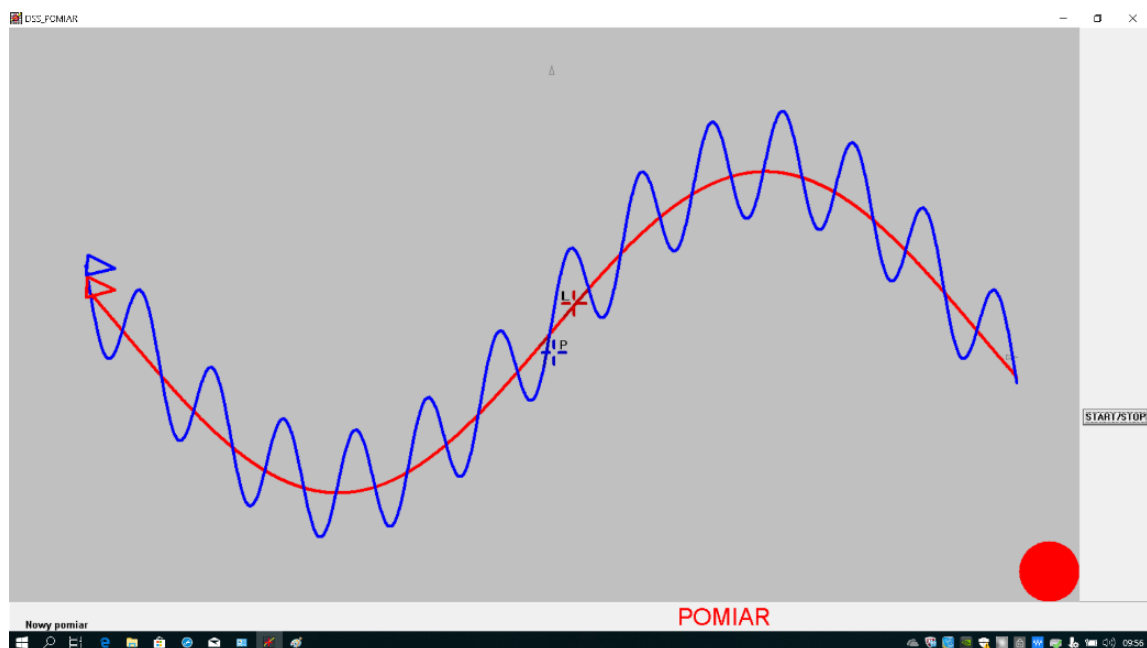
Podczas tego testu odbywało się sterowanie jednym kursorem po torze w kształcie czterolistnej koniczyny (rys. 9). Do sterowania kursorem służyły oba drążki, przy czym za ruch w poziomie (lewo–prawo) odpowiadał drążek lewy, zaś za ruch w pionie (górną–dół) odpowiadał drążek prawy. Prędkość ruchu była narzucona przez poruszający się ze stałym tempem marker.



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

Zadanie: Znaczniki po sinusoidach z prędkością dowolną

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



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

Wskaźniki 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 (Wskaźnik 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.

W opracowanym treningu TCP wskaźnikami wykonania zadania są parametry obliczane na podstawie różnicy między położeniem punktu wzorca a położeniem punktu docelowego oraz na podstawie czasu wykonania zadania. Wskaźniki jakości wykonania każdego z testów oblicza się 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 a przebiegiem krzywej odwzorowania odniesiona do czasu wykonania zadania.
- SD – odchylenie standardowe różnic między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania.

Zastosowanie treningu koordynacji dwuręcznej

Treningowi koordynacji dwuręcznej została poddana grupa osób w wieku 55-67 lat. Trening składał się sześciu sesji następujących po sobie w odstępach 2-3 dni. Podczas każdej sesji zadania objęte treningiem wykonano 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.

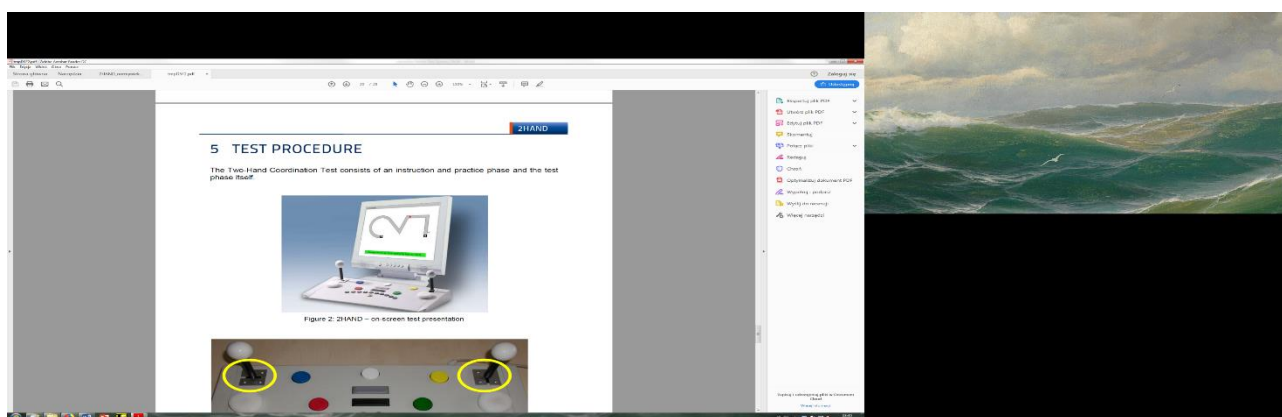
Ocena skuteczności treningu koordynacji dwuręcznej

Ocenę skuteczności przeprowadzono z zastosowaniem wskaźników charakteryzujących jakość sterowania w treningu koordynacji dwuręcznej oraz wskaźników Wiedeńskiego Systemu Testów.

Skuteczność wyrażono stosunkiem wartości wskaźnika charakteryzującego ostatnią szóstą sesję treningu do wskaźnika charakteryzującego sesję pierwszą.

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. 11). Zalety komputerowej wersji testów to standaryzacja i obiektywizacja badań oraz ciągła aktualizacja norm.



Rys. 11. 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,
- poziom 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, test stawia przed badanym różnego rodzaju wymagania związane z 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 jednoczesne utrzymanie dwóch kulek w środku wyznaczonych dla nich tras, przy pomocy dwóch pokręteł na panelu reakcyjnym. Lewe pokrętło kieruje lewą kulką, zaś prawe pokrętło – prawą kulką. 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 określa miarę jakości działania osoby badanej i wskazuje, jak udaje się jej 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) wyrażony 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) to test tempa przetwarzania informacji, służy do ogólnej oceny szybkości procesów poznawczych w poszczególnych fazach zadania. Zadaniem osoby badanej jest jak najszybsza reakcja na sygnał wzrokowy i akustyczny przez 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): Czas od momentu 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): Czas, 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. Zadanie osób badanych polega na powtórzeniu kolejności kostek wskazywanych przez kursor na monitorze – wprost i wstak (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) to test uwagi wchodzący w skład Wiedeńskiego Systemu Testów. Zadaniem osób badanych jest porównanie wzorcowej figury geometrycznej z innymi figurami i poprzez naciskanie 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).

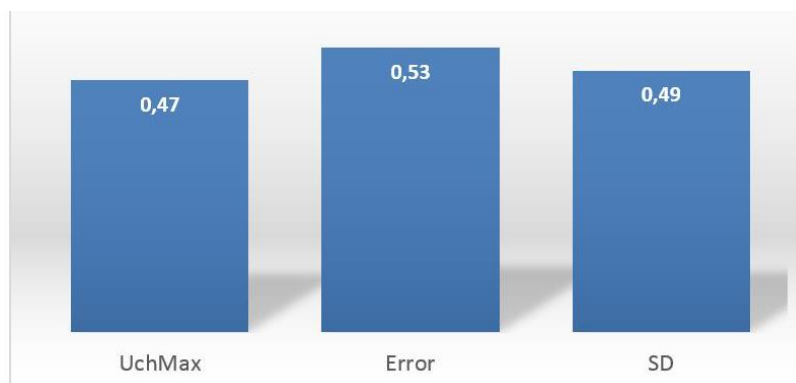
Aby rzeczywiście można było ocenić aspekty koncentracji, musi być spełniony warunek poprawnego wykonania przynajmniej 85% zadań, ponieważ tylko wtedy regulację tempa pracy przez osobę badaną można ocenić jako udaną. Oznacza to zarówno 85% prawidłowych reakcji na właściwy bodziec (trafione), jak również 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).

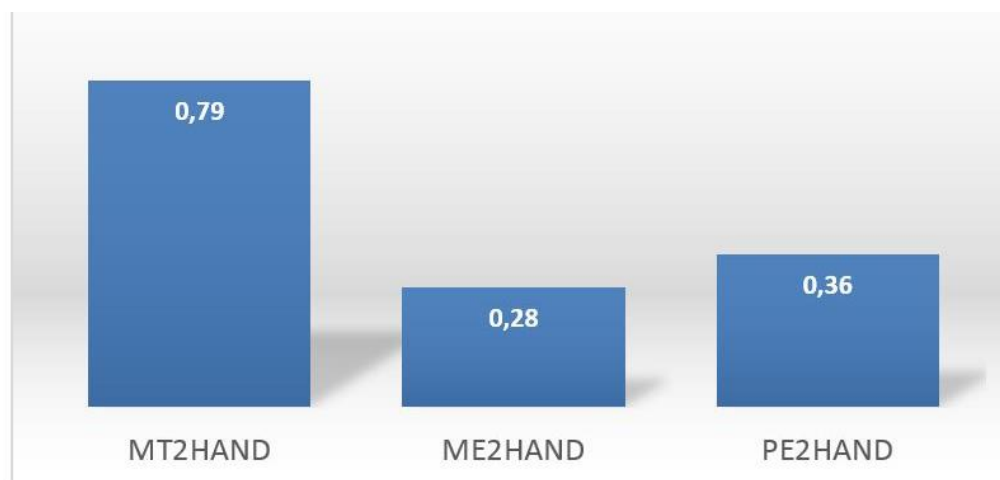
Ocena skuteczności treningu koordynacji dwuręcznej

Wskaźniki charakteryzujące jakość sterowania w treningu koordynacji dwuręcznej

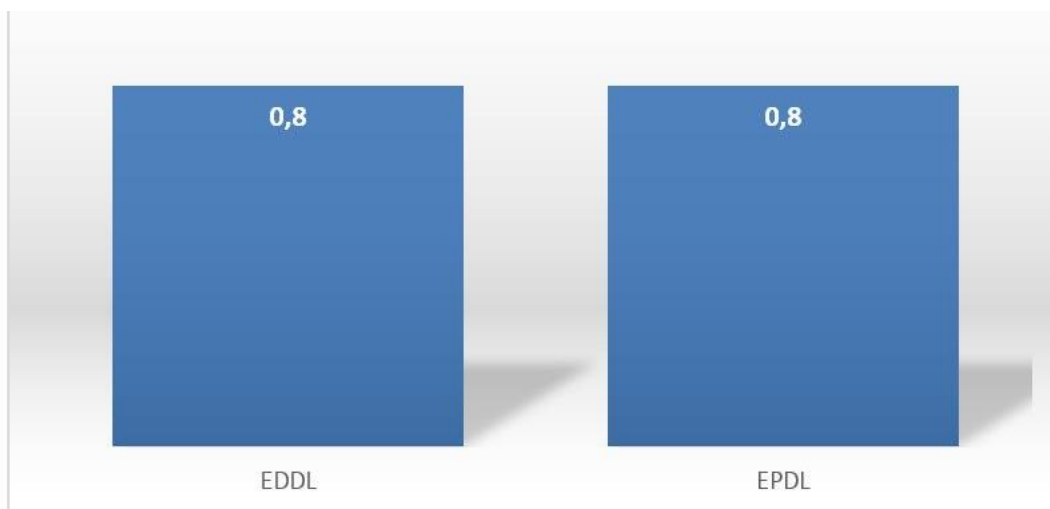


Rys. 12. Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas pierwszej sesji (Uchyb MAX – maksymalna odległość między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania; Error – iloraz wartości całki z różnicy między przebiegiem krzywej wzorcowej i przebiegiem krzywej odwzorowania a krzywą odwzorowania policzoną i czasu trwania analizowanego fragmentu; SD – odchylenie standardowe różnic między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania)

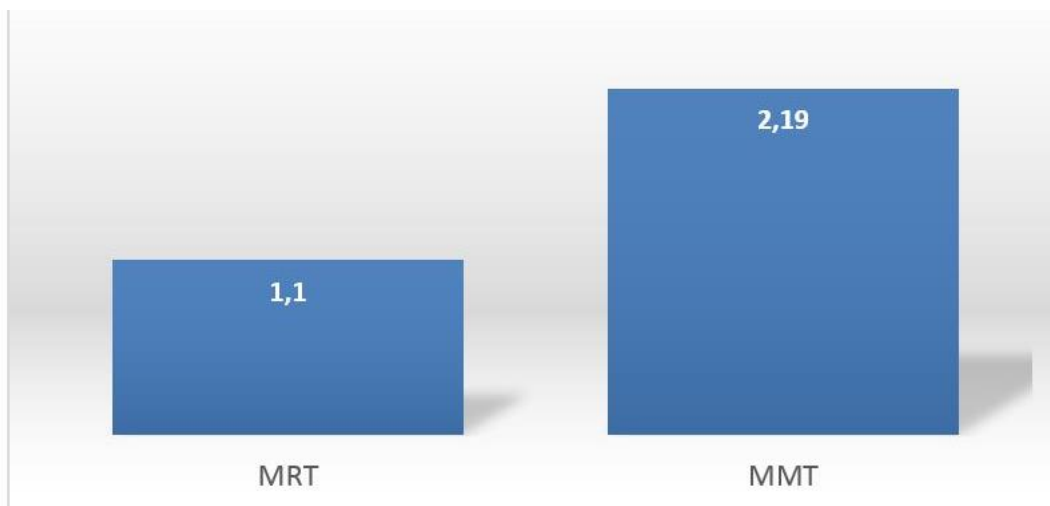
Wskaźniki charakteryzujące wykonanie zadań Wiedeńskiego Systemu Testów



Rys. 13. **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 pierwszej sesji (MT_{2HAND} – Średni czas przejścia całej trasy; ME_{2HAND} – Średni czas błędów; PE_{2HAND} – Procent czasu błędów)



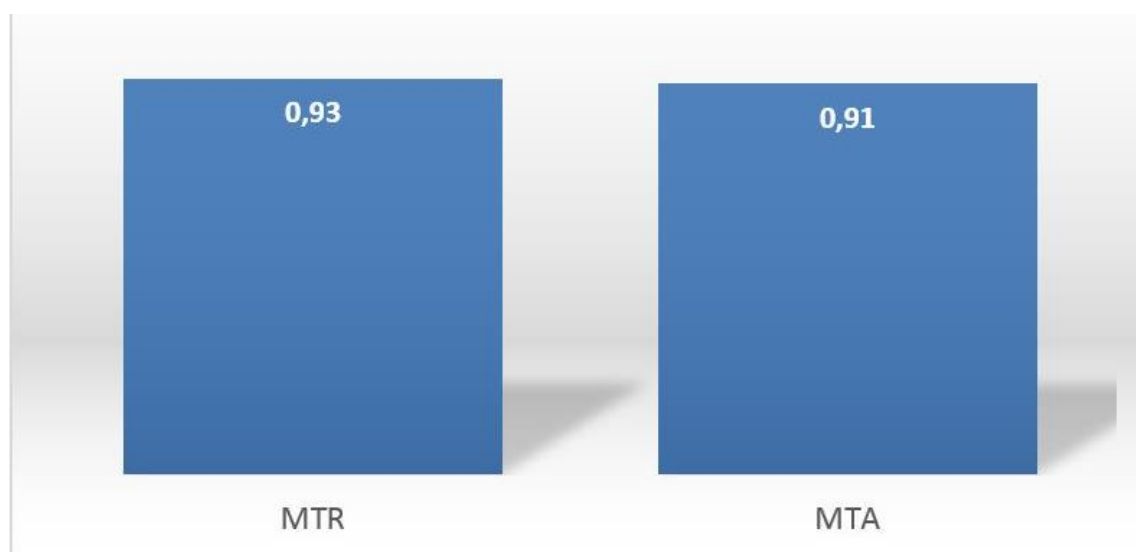
Rys. 14. **B19 Test podwójnego labiryntu**. Wartości wskaźników będących stosunkiem wartości zmiennych opisujących jakość sterowania podczas szóstej sesji treningu w stosunku do tych samych zmiennych uzyskanych podczas pierwszej sesji (ED_{DL} – Czas trwania błędów; EP_{DL} – Procent czasu trwania błędów)



Rys. 15. **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 pierwszej sesji (MRT – Średni czas reakcji; MMT – Średni czas motoryczny)



Rys. 16. **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 pierwszej sesji (UBS – Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci; odwUBS – Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci w spak)



Rys. 17. **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 pierwszej sesji (MTR – Średni czas poprawnie odrzuconych; MTA – Średni czas poprawnie zaakceptowanych)

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych testów wskazują na poprawę umiejętności, co zostało wyrażone wartościami wskaźników sterowania oraz zmiennych Wiedeńskiego Systemu Testów służących ocenie koordynacji. Podobne zmiany zostały udokumentowane wartościami zmiennych oceniających funkcje poznawcze. Wyjątek stanowią zmienne: Średni czas motoryczny w teście reakcji oraz zmienne Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci i Bezpośrednia blokowa rozpiętość pamięci wspak w teście CORSI.