

prof. dr hab. inż. DANUTA ROMAN-LIU (ORCID: 0000-0002-0500-0638)

mgr ZOFIA MOCKAŁŁO (ORCID: 0000-0003-3534-3284)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: daliu@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0014.1923

# Ocena jakości wykonania zadań koordynacji dwuręcznej ze względu na płeć i wiek

Fot. alexhy/Bigstockphoto



W artykule przedstawiono wyniki analizy jakości wykonywania zadań koordynacji dwuręcznej. Badania przeprowadzono na czterech grupach zróżnicowanych ze względu na płeć i wiek (20-30 lat i 60-67 lat). Badani wykonywali zadania koordynacji dwuręcznej opracowane w CIOP-PIB oraz testy zawarte w Wiedeńskim Systemie Testów. Wyniki pokazują znaczące różnice w wartościach wskaźników jakości sterowania pomiędzy grupą osób młodszych a grupą osób starszych. Silniejsze zróżnicowanie zaobserwowano w zadaniach koordynacji dwuręcznej. Większe różnice występują także ze względu na wiek niż ze względu na płeć.

*Słowa kluczowe: oburęczność, wiek, płeć, ergonomia, praca*

## Assessment of the quality of the performance of ambidextrous coordination tasks in the context of gender and age

The article presents the results of the quality analysis of performing bimanual coordination tasks. The study was conducted on four groups differentiated by gender and age (20-30 years and 60-67 years). The subjects performed two-hand coordination tasks developed at CIOP-PIB and tests included in the Vienna Test System. The results show significant differences in the values of control quality indicators between the group of younger people and the group of older people. Stronger differentiation was observed in the bimanual coordination tasks. There are stronger differences in terms of age than of gender.

*Keywords: ambidexterity, age, gender, ergonomics, work*

sposób. Tymczasem badania wskazują, że ze względu na starzenie się organizmu, u człowieka zmniejsza się umiejętność koordynacji wzrokowo-ruchowej przy czynnościach manipulacyjnych, angażujących jednocześnie obie kończyny górne [2]. Wysoka precyzja wykonania zadań wymagających koordynacji dwuręcznej jest większym wyzwaniem dla osób starszych niż młodszych, szczególnie w przypadku bardziej złożonych zadań. W związku z tym osoby w starszym wieku mają trudności w wykonywaniu nie tylko czynności pracy zawodowej, ale także często wielu codziennych czynności, które wymagają kompleksowej koordynacji dwuręcznej.

O zadaniach koordynacji dwuręcznej należy mówić nie tylko w kontekście czynności wykonywanych w życiu codziennym, ale także w odniesieniu do testów sprawdzających motorykę danej osoby lub treningów mających na celu podnoszenie określonych umiejętności. Funkcjonalność pracowników starszych i/lub z chorobami o podłożu neurologicznym, mająca znaczenie z punktu widzenia wykonywanej pracy, może być poprawiana przez zastosowanie odpowiednich programów rehabilitacyjnych, obejmujących zadania koordynacji dwuręcznej.

Gdy zadania koordynacji dwuręcznej służą poprawie funkcjonowania lub sprawdzaniu motoryki, muszą być parametryzowane. Parametry dotyczące zadania odnoszą się zarówno do jego charakterystyk, jak i do wskaźników różnicujących wykonanie zadania pomiędzy poszczególnymi osobami (wskaźniki jakości wykonania zadania).

Zadania koordynacji dwuręcznej mogą być zatem ważnym narzędziem oceny i diagnozowania możliwości wykonywania czynności precyzyjnych i wymagających koordynacji ruchowej. Celem opisanych w artykule badań była ocena umiejętności koordynacyjnych przy realizacji różnych zadań oraz zbadanie zróżnicowania wskaźników jakości wykonania zadania pomiędzy osobami młodszymi i starszymi, z uwzględnieniem płci.

## Metodyka badań

Badania przeprowadzono na dwóch 26-osobowych grupach wiekowych: 20-30 lat i 60-67 lat, o równolicznym podziale ze względu na płeć. Charakterystykę osób badanych przedstawiono w tabeli 1.

## Wstęp

Starzenie się, podobnie jak rozwój chorób neurodegeneracyjnych, powoduje stopniową degenerację układu nerwowego, mięśniowego oraz czucia skórno [1]. Wraz z wiekiem obserwuje się wydłużenie czasu reakcji na bodziec oraz spadek kontroli i koordynacji ruchowej. Ma to wpływ na charakterystykę ruchów wykonywanych w codziennym życiu. Ruchy, będące typową cechą ludzkiego zachowania, są zróż-

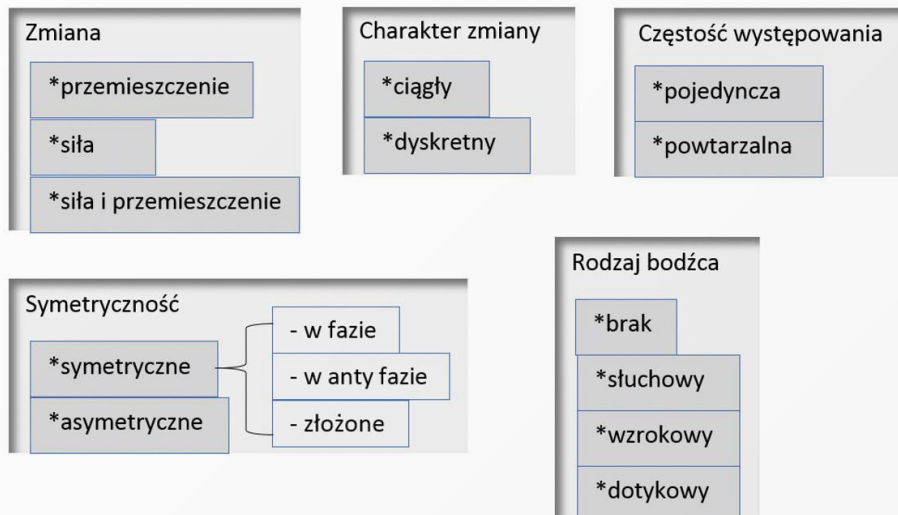
nicowane w zakresie charakterystyki przestrzenno-czasowej, środowiska, w jakim są wykonywane, a także ze względu na ograniczenie przestrzeni. Codzienne ruchy, powiązane z takimi zadaniami, jak jedzenie, czynności związane z higieną osobistą, ubieranie się, prowadzenie pojazdu, wymagają zazwyczaj koordynacji dwuręcznej.

W celu opanowania codziennych zadań, obie strony ciała muszą być używane w skoordynowany

Tabela 1. Charakterystyka osób badanych (podano wartości średnie oraz odchylenie standardowe)

Table 1. Characteristics of study participants (means and standard deviations are presented)

Cecha badanej osoby	Grupa osób młodszych		Grupa osób starszych	
	kobiety	mężczyźni	kobiety	mężczyźni
Wiek (lata)	22,2 (0,7)	23,1 (1,7)	62,3 (4,3)	63,7 (2,7)
Masa ciała (kg)	64 (7,8)	74,9 (5,4)	74,14 (11,6)	82 (5,4)
Wysokość ciała (cm)	167,7 (4,2)	179 (4,1)	162,4 (4,7)	178,17 (7,9)



Rys. 1. Sposoby klasyfikacji zadań koordynacji dwuręcznej

Fig. 1. Classification of bimanual coordination tasks

## Testy koordynacji dwuręcznej służące ocenie umiejętności koordynacyjnych

### Zestaw zadań koordynacji dwuręcznej

Zadania koordynacji dwuręcznej są różne i w różny sposób charakteryzowane (rys. 1.), [3,4]. Klasyfikacja może być dokonywana z uwzględnieniem zmiany, gdzie zmiana wynika z: przemieszczenia, siły i przemieszczenia lub tylko siły, wywieranej w warunkach statycznych. Zadania mogą być też zróżnicowane pod kątem symetryczności (symetryczne, asymetryczne i złożone), przy czym wśród zadań symetrycznych można wyróżnić zadania w fazie, w przeciwfazie i złożone.

Zadania koordynacji dwuręcznej można także zróżnicować ze względu na charakter ruchu lub wywierania siły, wskazując na zadania dyskretnie i ciągłe, a także ze względu na częstość występowania w podziale na zadania pojedyncze i powtarzające się.

Symetryczne wzorce koordynacyjne (koordynacja symetryczna) wymagają, aby każda z dwóch kończyn wykonała taką samą aktywność, zatem charakteryzują się taką samą kinematyką obydwu kończyn. Jednoczesny ruch przestrzenny i/lub czasowy każdej z kończyn odbywa się w taki sposób, że jedna kończyna wykonuje lustrzane odbicie drugiej, co oznacza, że zadania wykonywane są w fazie. Zadania takie obejmują równoczesny skurcz tych samych grup mięśniowych w obu kończynach. Koordynacja w przeciwfazie jest asymetryczna względem linii środkowej i obejmuje naprzemienne skurcze tych samych grup mięśni.

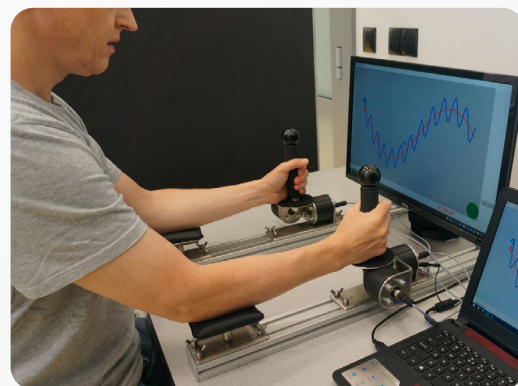
Ciągłe zadania koordynacji dwuręcznej powiązane są z wykonywaniem ruchu i/lub wywieraniem siły w sposób ciągły, bez przerwy między powtórzeniami. Dyskretnie zadania koordynacji dwuręcznej obejmują pojedynczy ruch lub kolejne

ruchy, odbywające się z występowaniem wyraźnej przerwy między każdym z nich.

Pojedyncze zadania dyskretnie koordynacji dwuręcznej występują wówczas, gdy odbywa się ruch w izolacji, z wyraźnym początkiem i końcem. Powtarzające się zadania koordynacji dwuręcznej występują wówczas, gdy wiele ruchów (z wyraźnym początkiem i końcem) jest wykonywanych jeden po drugim.

Wśród zadań kierowanych bodźcem wzrokowym powszechne są zadania podążania za poruszającym się wzorcem tak dokładnie, jak to możliwe, w przestrzeni i czasie. Wśród nich można wyróżnić: a) podążanie za ruchomym obiektem, który ma zdefiniowany punkt początkowy, trajektorię i punkt końcowy; b) śledzenie kształtu, w którym w każdym momencie pobierania próbek danych pozycja poprzedniej próbki mieści się w pewnym punkcie na geometrycznie ustalonym i nieruchomym szablonie, z określonymi pozycjami początkowymi i końcowymi. Te dwa typy zadań mogą być podobne, zwłaszcza jeśli ścieżka trajektorii podążania za obiektem pokrywa się z ustaloną geometrią szablonu śledzenia. Jednocześnie istnieje różnica między tymi rodzajami zadań: w podążaniu za obiektem istnieje ograniczenie czasowe, podczas gdy w śledzeniu kształtu nie występują ograniczenia czasowe poza ogólną instrukcją, aby jak najszybciej wykonać zadanie przy zachowaniu dokładności.

Zadania koordynacji dwuręcznej opracowane zostały jako element składowy stanowiska do treningu (fot.). Podczas treningu osoby wykonują serię zadań na komputerze, które polegają na sterowaniu znacznikami 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 (w kierunku przód/tył oraz

Fot. Widok stanowiska do realizacji zadań koordynacji dwuręcznej  
Photo. View of the station for carrying out bimanual coordination tasks

lewo/prawo). Pozycja znacznika na ekranie jest proporcjonalna do momentu siły, wywieranego przez badanego na drążek w danym kierunku. W zadaniach realizowane jest podążanie za obiektem, polegające na podążaniu za ruchomym obiektem, który ma zdefiniowany punkt początkowy, trajektorię i punkt końcowy, lub śledzenie kształtu.

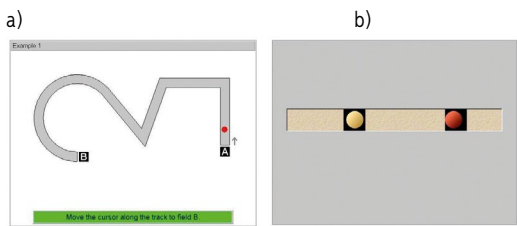
Wykonywanie zadań poprzedzone jest wywieraniem siły na drążek sterowania (pomiar możliwości siłowych – maksymalne momenty siły). Pomiar maksymalnych momentów sił w 4 kierunkach (przód/tył oraz lewo/prawo) wykonywany był dla każdej ręki osobno. Pomiar służył także do ustalenia zakresów sterowania przy następujących zadaniach.

W zadaniach realizowane jest kopiowanie wzorca lub śledzenie poruszającego się znacznika. Zadania zróżnicowane są ze względu na różne cechy; jedną z nich jest rodzaj śledzenia. Zadania, w których znacznik sterowany drążkami podąża za ruchomym obiektem, który ma zdefiniowany punkt wyjścia, trajektorię i punkt końcowy, określane są jako zadania z narzuconą prędkością. Zadania z prędkością dowolną to takie, w których znacznik poruszany za pomocą drążków przemieszcza się po widocznym na ekranie kształcie (kopiowanie wzorca).

Opracowany na potrzeby badań zestaw zawiera 8 zadań. Wśród nich znajdują się zadania o prędkości narzuconej (podążanie za obiektem) i prędkości dowolnej (śledzenie kształtu). Wyszczególnione są także zadania, podczas których ruch znacznika odbywa się w fazie, przeciwfazie, lub jako zadania złożone. Zadania różniły się także kształtem:

- zadanie oznaczone jako IAP: prędkość narzucona, zadanie w przeciwfazie, kształt po jakim porusza się znacznik to elipsa
- zadanie oznaczone jako ICT: prędkość narzucona, zadanie złożone, kształt po jakim porusza się znacznik to prostokąt
- zadanie oznaczone jako FP: prędkość dowolna, zadanie w fazie, kształt po jakim porusza się znacznik to elipsa
- zadanie oznaczone jako L: jest zadaniem dyskretnym; zadaniem badanego była reakcja na pojawiającą się na środku ekranu literę
- zadanie oznaczone jako IP: prędkość narzucona, zadanie w fazie, kształt po jakim porusza się znacznik to korona
- zadanie oznaczone jako ICOa: prędkość narzucona, zadanie złożone, kształt po jakim porusza się znacznik to trójwarstwowa chmurka





Rys. 2. Przykład obrazu wyświetlanego przez program WST: a) Test 2 HAND; b) Test B19. Źródło: <https://www.schuhfried.com/test/2HAND>  
 Fig. 2. An example of the image displayed by the WST program: a) Test 2 HAND; b) Test B19. Source: <https://www.schuhfried.com/test/2HAND>

- zadanie oznaczone jako ICOB: prędkość narzucona, zadanie złożone, kształt po jakim porusza się znacznik przypomina czterolistną koniczynkę

- zadanie „znaczniki po sinusoidach z prędkością dowolną” (oznaczone jako FCT): prędkość dowolna, zadanie złożone, kształt po jakim porusza się znacznik to dwie sinusoidy, po których poruszane są dwa znaczniki z dowolnym tempem, przez maksymalnie 60 sekund.

W przypadku, gdy zadania koordynacji dwuręcznej służą poprawie funkcjonowania lub sprawdzaniu motoryki, muszą być sparametryzowane. Parametry dotyczące zadania odnoszą się zarówno do charakterystyki tego zadania, jak i do wskaźników różnicujących jego wykonanie (wskaźniki jakości wykonania zadania). W zadaniach związanych z koordynacją dwuręczną, gdzie sterowanie odbywa się za pomocą siły, typowymi wskaźnikami są zmienność siły wyjściowej i rodzaj wzorca, po jakim poruszał się znacznik.

W opracowywanym treningu wskaźnikami wykonania zadania są parametry obliczane na podstawie różnicy pomiędzy położeniem punktu wzorca a położeniem punktu docelowego oraz na podstawie czasu wykonania zadania. Wskaźniki jakości wykonania każdego z testów obliczane są jako następujące parametry:

- błąd – wartość całki z różnicy między przebiegiem krzywej wzorcowej a przebiegiem krzywej odwzorowania odniesiona do czasu trwania analizowanego fragmentu
- SD – odchylenie standardowe różnic między krzywą wzorca a krzywą odwzorowania.

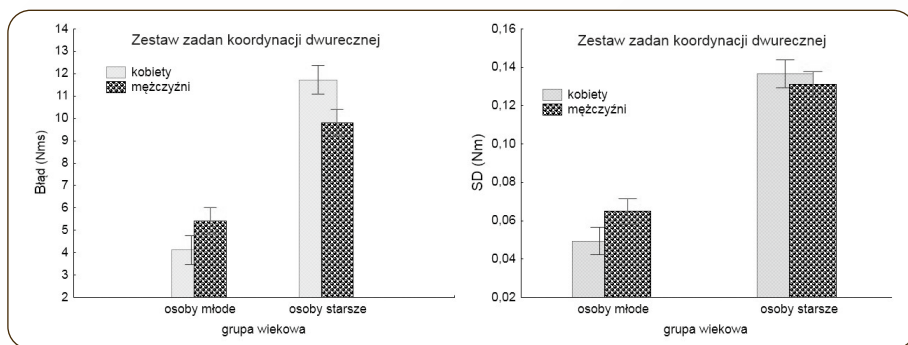
### Zadania Wiedeńskiego Systemu Testów (WST)

Wiedeński System Testów (WST) jest komputerowym systemem wspierającym diagnostykę psychologiczną, którego twórcą i producentem jest austriacka firma Dr. G. Schuhfried GmbH. Zaletą komputerowej wersji testów jest standaryzacja i obiektywizacja badań oraz ciągła aktualizacja norm. Do badania koordynacji wzrokowo-ruchowej zastosowano dwa testy: Test koordynacji rąk – 2 HAND oraz B19 Test podwójnego labiryntu.

Test 2 HAND 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 [5].

Podczas wykonywania testu na ekranie monitora narysowana jest trasa składająca się z trzech odcinków o różnych kształtach, stawiających różnego rodzaju wymagania dotyczące jednoczesnej koordynacji prawej i lewej ręki (rys. 2a). Zadaniem osoby badanej jest przesuwanie znacznika 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.

Test B19 umożliwia ocenę koordynacji wzrokowo-ruchowej (koordynację sensomotoryczną)



Rys. 3. Wartości wskaźników jakości sterowania dla grupy osób młodszych oraz grupy osób starszych, z podziałem na płeć  
 Fig. 3. Values of control quality indicators for a group of younger people and a group of older people by gender

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 pokrętko kieruje lewą kulką, zaś prawe pokrętko – kulką prawą (rys. 2b). Kulki nie mogą dotykać krawędzi wyznaczonych tras ani wychodzić poza trasę. Jeśli tak się zdarzy, należy jak najszybciej poprawić pozycję kulki za pomocą odpowiedniego pokrętko. W trakcie trwania testu zmienia się szerokość i przebieg trasy.

Wskaźniki jakości wykonania zadania liczone są po ukończeniu testu. W przypadku testu 2 HAND wskaźnikami są:

- średni czas przejścia całej trasy (MDG): zmienna opisuje średni czas przebycia trasy; mierzy prędkość przesuwania się. Wysoki wynik oznacza, że osoba badana jest w stanie szybko przetwarzać informacje o położeniu punktu względem wyznaczonej trasy;
- średni czas błędów (MFDG): zmienna opisuje całkowity czas (we wszystkich przebiegach), w którym punkt znajdował się poza wyznaczoną trasą;
- procent czasu błędów (PFD): zmienna określa stosunek całkowitego czasu błędów do całkowitego czasu trwania testu.

W teście B19 wyliczane są następujące wskaźniki:

- czas trwania błędów (FD): 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 odchyłań 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 (PFD): stosunek czasu błędów do całkowitego czasu wykonania zadania.

### Analiza wyników badań

Wyniki w postaci wskaźników jakości sterowania z testów zawartych w zestawie zadań koordynacji dwuręcznej oraz w WST przedstawiono w podziale na cztery grupy (wiek i płeć), jako wartości średnie i 95% CI. Analizowano także różnicowanie pomiędzy grupami osób starszych i młodszych oraz pomiędzy kobietami i mężczyznami. Analizę różnic przeprowadzono z zastosowaniem testu Kruskala-Wallis. Do analizy wykorzystano program Statistica.

### Wyniki badań

Wskaźniki jakości sterowania uzyskane jako efekt wykonywania zadań koordynacji dwuręcznej testów opracowanych w CIOP-PIB przedstawiono na rys. 3. W obydwu wskaźnikach występują

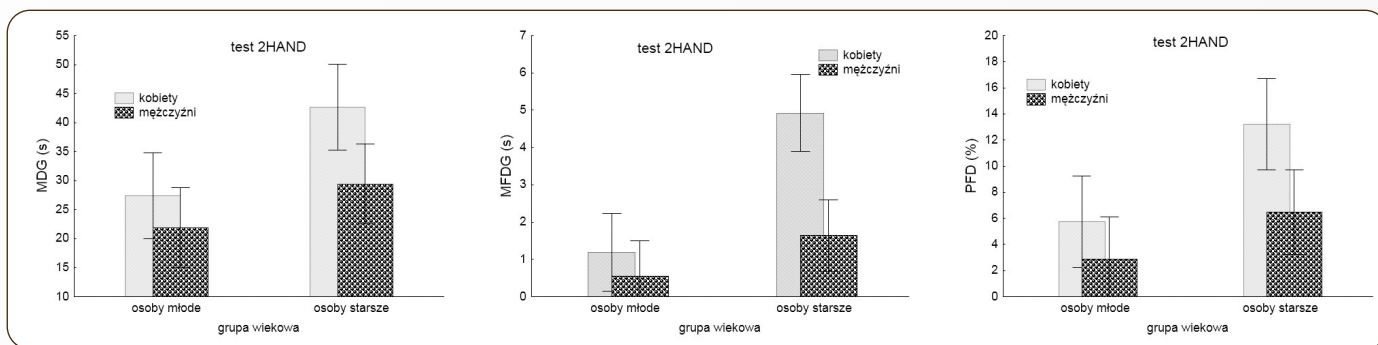
bardzo wyraźne różnice wynikające z wieku osób badanych. Znacznie mniejsze zróżnicowanie występuje ze względu na płeć osób badanych. Można zauważyć, że w grupie osób młodszych większy błąd wykonania zadania dotyczy mężczyzn, podczas gdy w grupie starszej – kobiet. Tabela 2. przedstawia wyniki analizy różnicowania ze względu na wiek i płeć. Jak wynika z tabeli, wiek różnicuje wskaźniki w sposób istotny statystycznie, zarówno w grupie kobiet, jak i mężczyzn. Analiza wskazuje na zróżnicowanie ze względu na płeć w grupie osób młodszych, brak jest natomiast takich różnic wśród osób starszych.

Wartości wskaźników jakości wykonania zadania uzyskanych z testu 2 HAND przedstawiono na rys. 4., natomiast z testu B19 na rys. 5. Podobnie jak w przypadku wskaźników jakości sterowania testów opracowanych w CIOP-PIB, wartości zmiennej zarówno testu 2 HAND, jak i B19 uzyskane dla grupy osób starszych zmniejszają się pod wpływem oddziaływania treningu. W przypadku testu 2HAND różnice są większe, niż w przypadku B19. Wyniki analizy wskazują na zróżnicowanie pomiędzy badanymi grupami przedstawiono w tabeli 3. Wszystkie wskaźniki testu B19 są zróżnicowane zarówno ze względu na wiek, jak i płeć. W przypadku testu 2 HAND takie zróżnicowanie zachodzi tylko w przypadku parametru MFDG. Parametry MDG i PFD nie są zróżnicowane ze względu na płeć. Natomiast wiek różnicuje te dwa parametry tylko w przypadku mężczyzn.

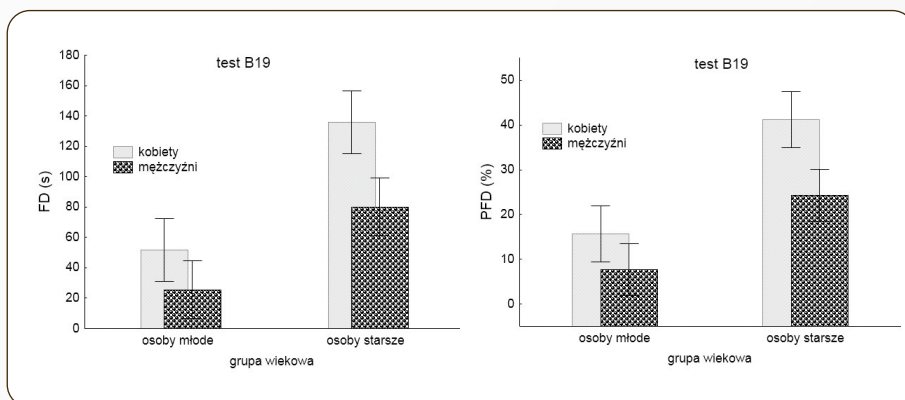
### Podsumowanie

Wyniki przedstawionych badań wskazują na różnice we wskaźnikach jakości wykonania zadania koordynacji dwuręcznej, wynikające zarówno z wieku, jak i płci osób badanych, przy czym zróżnicowanie ze względu na wiek jest silniejsze niż zróżnicowanie ze względu na płeć.

Wyniki dotyczące zróżnicowania ze względu na płeć były mniej jasne, rozkładały się różnie w zależności od testu: albo występowały w obydwu grupach wiekowych, albo występowały tylko w grupie osób młodszych, bądź nie występowały wcale. Badania potwierdziły natomiast tezę, że starzenie się wpływa na jakość motoryki – proces starzenia wydaje się cechować jej nieuchronnym spadkiem. Należy zatem oczekiwać wydłużenia czasu reakcji i spadku prędkości ruchu, a także zmniejszenia jego dokładności i płynności oraz popełniania większej liczby błędów podczas wykonywania zadań koordynacji dwuręcznej przez osoby starsze, co zaobserwowano w prezentowanych badaniach [6,7]. Podobne wyniki uzyskano także w innych badaniach [8], np. w odniesieniu do zadań, podczas których sekwencja czynności była przełączana między kończynami, gdzie u osób starszych obserwowano dłuższe czasy odpowiedzi w porównaniu z osobami młodszymi [9].



Rys. 4. Wartości wskaźników liczonych na podstawie ukończenia testu 2HAND; MDG – średni czas przejścia całej trasy; MFDG – średni czas błędów; PFD – procent czasu błędów  
 Fig. 4. Values of indicators calculated on the basis of completing the 2HAND test; MDG – Average time of the whole route; MFDG – Average error time; PFD – Percentage of error time



Rys. 5. Wartości wskaźników liczonych na podstawie ukończenia testu B19; FD – czas trwania błędów; PFD – procent czasu trwania błędów  
 Fig. 5. Values of indicators calculated on the basis of completing the B19 test; FD – Duration of errors; PFD – Percentage of error duration

Tabela 2. Wyniki testu Kruskalla-Wallisa wskazujące na zróżnicowanie wskaźników jakości sterowania zadań koordynacji dwuręcznej opracowanych w CIOP-PIB, pomiędzy płcią osób badanych w grupach wiekowych oraz pomiędzy grupami wiekowymi w grupach płci (różnice istotne statystycznie pogrubiono)

Table 2. Kruskal-Wallis test results showing the diversity of quality control indicators of bimanual coordination tasks developed at CIOP-PIB, between genders within age groups and between age groups within gender groups (statistically significant differences are bolded)

		Z	p			Z	p
Błąd	Młodzi	<b>-6,75</b>	<b>&lt;0,0001</b>	F	<b>-16,21</b>	<b>&lt;0,00001</b>	
Błąd	Starsi	-0,01	0,99122	M	<b>-14,12</b>	<b>&lt;0,00001</b>	
SD	Młodzi	<b>-7,01</b>	<b>&lt;0,00001</b>	F	<b>-17,38</b>	<b>&lt;0,00001</b>	
SD	Starsi	-0,35	0,72814	M	<b>-17,54</b>	<b>&lt;0,00001</b>	

Uwagi: F – kobiety; M – mężczyźni; Z – wartość statystyki; p – poziom istotności.

Tabela 3. Wyniki testu Kruskalla-Wallisa wskazujące na zróżnicowanie wskaźników jakości sterowania zadań koordynacji dwuręcznej Wiedeńskiego Systemu Testów pomiędzy płcią osób badanych w grupach wiekowych oraz pomiędzy grupami wiekowymi w grupach płci (różnice istotne statystycznie pogrubiono)

Table 3. Kruskal-Wallis test results showing the diversity of quality control indicators of the bimanual coordination tasks of the Vienna Test System between genders within age groups and between age groups within gender groups (statistically significant differences are bolded)

		Z	p			Z	p
MDG	Młodzi	1,31	0,18966	F	-1,93	0,05310	
MDG	Starsi	1,88	0,06047	M	<b>-2,64</b>	<b>0,00824</b>	
MFDG	Młodzi	<b>3,01</b>	<b>0,00262</b>	F	<b>-2,68</b>	<b>0,00726</b>	
MFDG	Starsi	<b>2,65</b>	<b>0,00808</b>	M	<b>-3,31</b>	<b>0,00094</b>	
PFD	Młodzi	1,88	0,06047	F	-1,93	0,05310	
PFD	Starsi	1,88	0,06047	M	<b>-2,11</b>	<b>0,03455</b>	
FD	Młodzi	<b>2,91</b>	<b>0,00366</b>	F	<b>-3,61</b>	<b>0,00031</b>	
FD	Starsi	<b>2,80</b>	<b>0,00506</b>	M	<b>-4,30</b>	<b>0,00002</b>	
PFD <sub>B19</sub>	Młodzi	<b>2,91</b>	<b>0,00366</b>	F	<b>-3,61</b>	<b>0,00031</b>	
PFD <sub>B19</sub>	Starsi	<b>2,80</b>	<b>0,00506</b>	M	<b>-4,30</b>	<b>0,00002</b>	

Uwagi: F – kobiety; M – mężczyźni; Z – wartość statystyki; p – poziom istotności

Sposobem na zwiększenie umiejętności koordynacji dwuręcznej może być przeprowadzenie treningu opartego na zadaniach koordynacji. Na podstawie wcześniejszych badań można przyjąć, że treningi takie mogą być użytecznym narzędziem w łagodzeniu zmian spowodowanych wiekiem. Ponadto można uznać, że wykonywanie zadań wybranych do treningu koordynacji dwuręcznej jest efektywne w podnoszeniu umiejętności koordynacji ogólnej [10].

BIBLIOGRAFIA

[1] BOWDEN, J.L., MCNULTY, P.A. The magnitude and rate of reduction in strength, dexterity and sensation in the human hand vary with ageing. *Exp. Gerontol.* 2013, 48: 756-765.  
 [2] LIN, C.-H., CHOU, L.-W., WEI S.-H., LIEU, F.-K., CHIANG, S.-L., SUNG, W.-H. Influence of aging on bimanual coordination control. *Exp. Gerontol.* 2014, 53: 40-47.  
 [3] HOYER, E.H., BASTIAN, A.J. The effects of task demands on bimanual skill acquisition. *Exp. Brain Res.* 2013, 226, 2: 193-208.  
 [4] WOYTOWICZ, E., WHITALL, J., WESTLAKE, K.P. Age-related changes in bilateral upper extremity coordination. *Curr. Geriatr. Rep.* 2016, 5,3: 191-199.  
 [5] ŁUCZAK, A. Wiedeński System Testów w doborze osób do zawodów trudnych i niebezpiecznych. [The Vienna Test System in job selection for difficult and dangerous occupations] *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka* 2005,403,2: 18-21.  
 [6] ROMAN-LIU, D., TOKARSKI, T. Age-related differences in bimanual coordination performance. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, in press.  
 [7] LOEHRER, P.A., NETTERSHEIM, F.S., JUNG, F., WEBER, I., HUBER, C., DEMBEK, T.A., PELZER, E.A., FINK, G.R., TITGEMEYER, M., TIMMERMANN, L. Ageing changes effective connectivity of motor networks during bimanual finger coordination. *Neuroimage.* 2016, 143:325-342.  
 [8] KREHBIEL, L.M., KANG, N., CAURAUGH, J.H. Age-related differences in bimanual movements: A systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol.* 2017;98:199-206. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.09.001> PMID: 28890358.  
 [9] HOFF, M., TRAPP, S., KAMINSKI, E., SEHM, B., STEELE, C.J., VILLRINGER, A., RAGERT, P. Switching between hands in a serial reaction time task: a comparison between young and old adults. *Front Aging Neurosci.* 2015,7: 176.  
 [10] ROMAN-LIU, D., MOCKAŁO, Z. Effectiveness of bimanual coordination tasks performance in improving coordination skills and cognitive functions in elderly. *PLoS ONE*, 2020, 15,3: e0228599. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228599>

Publikacja opracowana 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.