

TERESA ZWIERKO
TOMASZ GŁOWACKI

**WPLYW WYSILKU O PROGRESYWNIE NARASTAJĄCEJ
INTENSYWNOŚCI NA ZMIANY CZASU REAKCJI
U KOBIET AKTYWNYCH FIZYCZNIE**

**The influence of incremental exercise on reaction time
in physical active women**

Słowa kluczowe: czas reakcji, wysiłek, kobiety

Key words: reaction time, effort, women

1. Wstęp

Zaburzenie homeostazy organizmu człowieka w wyniku podejmowania wysiłku fizycznego jest czynnikiem wpływającym na poziom jego reakcji psychomotorycznych. Z badań prowadzonych przez Chmurę i wsp. [6] wynika, że procesy sprawności psychomotorycznej w stanie spoczynku i po wysiłku fizycznym mają znacząco różny przebieg, a poziom zmęczenia ma zróżnicowany wpływ na procesy sterowania i regulacji ruchów. Badania wpływu wysiłku o wzrastającej intensywności na sprawność psychomotoryczną u piłkarzy nożnych ($\bar{x} = 22,8$ lat) dowiodły znaczącego obniżenia się analizowanych parametrów sprawności psychomotorycznej (czas reakcji różnicowej, liczba reakcji poprawnie wykonanych) po wysiłku fizycznym. Wysiłek wykonywano w tym przypadku na cykloergometrze, a obciążenie wysiłkowe zwiększano co 3 minuty o 50 W.

W badaniach prowadzonych przez Arcelin i wsp. (1998) dokonano pomiaru czasu reakcji z wyborem po 3. oraz po 8. minucie wysiłku wykonywanego na cykloergometrze przy obciążeniu 60% VO_{2max} . Czas reakcji był znacząco krótszy ($p < 0,05$) w obu pomiarach w porównaniu ze stanem początkowym.

Brisswalter i wsp. [3] poddali analizie wpływ zmęczenia wywołanego pracą na cykloergometrze o wzrastającej progresywnie częstotliwości obrotów na wyniki testu reakcji prostej. Badania przeprowadzono wśród 18 mężczyzn ($\bar{x} = 28,2 \pm 2,5$). Czas reakcji mierzono w czasie wykonywanego wysiłku o intensywności 50% mocy maksymalnej, przy siedmiu różnych częstotliwościach obrotów pedałem (30, 40, 50, 60, 70, 80 rpm). Badania wskazują, że wyniki testu czasu reakcji polepszały się do osiągnięcia optymalnego punktu, w tym wypadku był to wysiłek rejestrowany przy intensywności obrotów 50 rpm/min, natomiast najslabszy poziom wyników (wydłużenie się czasu reakcji) obserwowano przy intensywności obrotów 80 rpm/min.

Powyższe przykłady badań wskazują, że wyniki testów oceniających poziom sprawności psychomotorycznej mają zróżnicowany kierunek zmian. Jednak wyniki tych badań nie dają jednoznacznych stwierdzeń dotyczących wpływu zmęczenia na procesy psychomotoryczne. Jednym z czynników różnicujących psychomotoryczną reaktywność organizmu podczas wysiłku jest z pewnością jego intensywność.

Celem proponowanych badań jest ustalenie wpływu wysiłku fizycznego o progresywnie narastającej intensywności na poziom czasu reakcji motorycznej na bodźce wzrokowe pojawiające się w centralnym polu widzenia w grupie młodych, aktywnych fizycznie kobiet. Poniższe badania mają charakter pilotażowy i służą do opracowania procedury badawczej dla podjęcia szerszych analiz w tym zakresie.

2. Materiał i metody badawcze

Badania zostały przeprowadzone w Pracowni Badań Motoryczności Człowieka Instytutu Wychowania Fizycznego w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej im. J.A. Komeńskiego w Lesznie. Badaniom poddano osiem kobiet studiujących na kierunku wychowanie fizyczne. Średnia wieku badanych wyno-

siła $22,27 \pm 2,8$ lata. Podstawowe parametry morfologiczne badanych prezentuje tabela 1.

Tabela 1

Średnie parametry morfologiczne badanej grupy

Grupa	Wysokość ciała (cm) $\bar{x} \pm SD$	Masa ciała (kg) $\bar{x} \pm SD$
n = 8	171,50 \pm 6,57	61,33 \pm 9,42

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu, uchwałą nr 518/07 z dnia 10 maja 2007 roku wyraziła zgodę na przeprowadzenie badań.

Do oceny czasu reakcji zastosowany został Wiedeński System Testowania (Schuhfried, Austria). Wykorzystano test reakcji (RT) w formie S1 – Pomiar czasu reakcji na proste bodźce wzrokowe (żółta lampka). Cykl reakcji składał się z 28 bodźców świetlnych, generowanych w różnych, losowo dobranych odstępach czasu. Na zaprogramowane bodźce badany udzielał odpowiedzi za pomocą „klawisza reakcji”. Poniżej tego klawisza znajdował się „klawisz oczekiwania”. Osoba badana najpierw opierała palec na „klawiszu oczekiwania”, a po zauważeniu bodźca jak najszybciej zwalniała „klawisz oczekiwania” i „naciskała klawisz reakcji”. Program rejestrował czasy poszczególnych reakcji, z których obliczał następujące wartości:

- medianę czasu reakcji – odstęp czasu pomiędzy początkiem danego bodźca i naciśnięciem „klawisza reakcji” wyrażony w ms,
- medianę czasu motorycznego – odstęp czasu pomiędzy zwolnieniem „klawisza oczekiwania” a naciśnięciem „klawisza reakcji” wyrażony w ms,
- medianę czasu reakcji utajonego – odstęp czasu pomiędzy początkiem danego bodźca a zwolnieniem „klawisza oczekiwania” wyrażony w ms.

Do wywołania zmęczenia u badanych kobiet zastosowano test wysiłkowy wykonywany na cykloergometrze o progresywnie narastającej intensywności. W badaniach wykorzystany został cykloergometr firmy KETTLER FX 1. Test wysiłkowy poprzedzono 5-minutową rozgrzewką na cykloergometrze (50 W). Test właściwy rozpoczynał się przy oporze 75 W, utrzymując 60 obrotów (rpm) na 1 minutę. Wyсіłek był kontynuowany przy wzrastającym obciążeniu (15 W co 1 minutę) aż do odmowy, czyli do momentu, kiedy badana osoba nie była w stanie utrzymać wymaganej częstości obrotów. Przy wykorzystaniu monitora

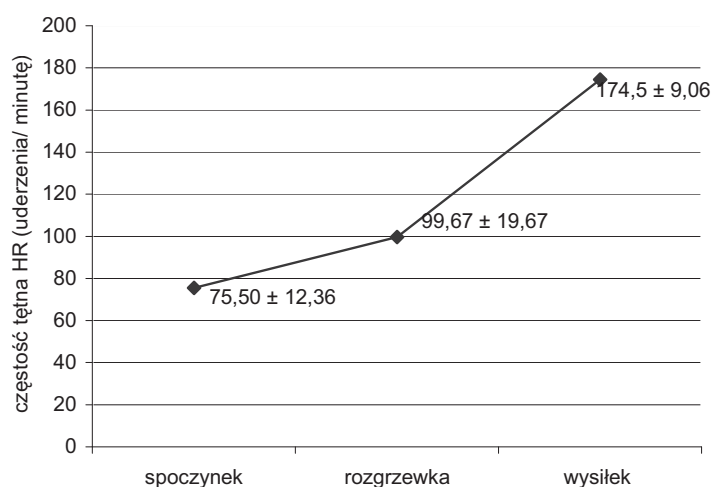
pracy serca Polar S610 (Polar, Finlandia) rejestrowane było tętno spoczynkowe oraz jego zmiany w czasie wysiłku.

Procedura badawcza zakładała wykonanie testu czasu reakcji trzykrotnie, tj. w spoczynku, po rozgrzewce oraz bezpośrednio po wysiłku na cykloergometrze. Przed rozpoczęciem testu reakcji każda z badanych osób wykonywała próbny test reakcji w celu zapoznania się z charakterem badań.

W analizie statystycznej wyników badań zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA).

3. Wyniki badań

Na rycinie 1 zaprezentowano średnie wartości częstości tętna badanej grupy kobiet osiągnięte w spoczynku, po rozgrzewce oraz po wykonanym teście wysiłkowym. Analiza wariancji wskazuje, że zastosowany wysiłek wpłynął w znaczący sposób na wzrost częstości uderzeń serca na minutę (HR) u badanych ($F = 59,16$, $p < 0,0001$).



Ryc. 1. Średnie wartości HR osiągnięte w badanej grupie kobiet w spoczynku, po rozgrzewce oraz po wysiłku

W tabeli 2 przedstawiono zmienność wyników badanych parametrów czasu reakcji osiągniętych przez badaną grupę kobiet w kolejnych pomiarach.

Tabela 2

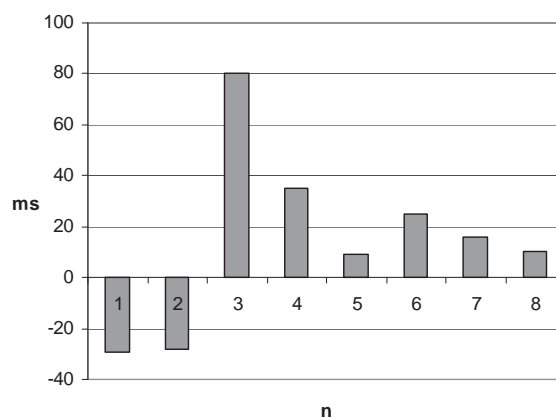
Zmienność wyników badanych parametrów czasu reakcji, czasu motorycznego oraz czasu reakcji utajonej w kolejnych pomiarach w badanej grupie kobiet

RT	Spoczynek $\bar{x} \pm SD$	Rozgrzewka $\bar{x} \pm SD$	Wysiłek $\bar{x} \pm SD$	F
Czas reakcji (ms)	274,5 ± 38,75	265,12 ± 25,72	290,00 ± 69,01	0,70
Czas motoryczny (ms)	152,50 ± 29,45	151,00 ± 31,29	140,00 ± 27,06	0,55
Czasu reakcji utajonej (ms)	122,00 ± 35,24	114,12 ± 23,42	150,00 ± 66,17	1,21

Średnia arytmetyczna wyników testu czasu reakcji w spoczynku wynosiła $274,5 \pm 38,75$ ms. Po wykonanej 5-minutowej rozgrzewce średni czas reakcji u badanych uległ skróceniu i wynosił $265,12 \pm 25,72$ ms. Natomiast po wykonanym teście wysiłkowym wyniki testu czasu reakcji uzyskane przez badaną grupę uległy pogorszeniu ($290,00 \pm 69,01$ ms). Zmiany te nie były jednak statystycznie istotne ($F = 0,70$, $p > 0,05$).

Wyniki analizy wariancji nie są również istotne statystycznie w przypadku parametru czasu motorycznego oraz czasu reakcji utajonej.

Analiza indywidualna zmian wyników testu reakcji w dwóch przypadkach wykazała polepszenie wyników po wykonanym wysiłku w porównaniu ze stanem spoczynkowym ($\Delta RT_{\min} = -29$ ms), w sześciu pozostałych wyniki ulegały pogorszeniu ($\Delta RT_{\max} = +80$ ms) (ryc. 2).



Ryc. 2. Różnice wyników między testem czasu reakcji w spoczynku i po wysiłku u poszczególnych osób ($n = 8$)

4. Dyskusja

Wyniki badań własnych wskazują na brak statystycznie istotnych zmian w poziomie analizowanych parametrów czasu reakcji pod wpływem progresywnie narastającego wysiłku wykonywanego do odmowy. Choć wyniki testu reakcji u badanych nieznacznie się polepszyły po wykonanej rozgrzewce, a po teście wysiłkowym średnia wyników testu reakcji uległa pogorszeniu. Pozytywny wpływ rozgrzewki na organizm ma bezpośrednie przełożenie na sprawność funkcjonowania centralnego układu nerwowego, układu mięśniowego oraz wzrost szybkości przewodzenia wewnątrz obwodowego systemu nerwowego [2]. Wyniki badań naukowych wskazują, że optymalny stan pobudzenia nerwowego, i co za tym idzie – wysoki poziom sprawności psychomotorycznej, utrzymuje się również podczas wysiłków o umiarkowanej intensywności [3, 5]. Z kolei wyniki badań dotyczących wpływu wysiłków maksymalnych na poziom czasu reakcji nie dają jednoznacznych stwierdzeń. Część badań wskazuje, podobnie jak rezultaty badań własnych, że wysiłki maksymalne nie powodują istotnych efektów powysiłkowych w poziomie czasu reakcji [7, 15]. Z drugiej strony McMorris i wsp. [11] sugerują, że zróżnicowane efekty poziomu czasu reakcji po wysiłkach maksymalnych mogą wynikać z charakteru zadań testowych. Autorzy zauważyli, że znaczne polepszenie wyników testów reakcji dotyczy testów polegających na ruchu palca lub ręki, bądź odpowiedzi głosowej (por. [8–10]). Z kolei McMorris i wsp. [11] w swoich badaniach potwierdzili wysoce statystycznie istotne pogorszenie się czasu reakcji w teście psychomotorycznym angażującym całe ciało badanego po wykonaniu intensywnego (W_{max}) wysiłku na cykloergometrze.

Chmura [4] wyróżnia dwa typy przebiegu zmian sprawności psychomotorycznej pod wpływem wysiłku. W typie dwufazowym, w pierwszej fazie szybkość reagowania zwiększa się wraz z narastającą intensywnością wysiłku aż do momentu osiągnięcia najwyższego poziomu, a w drugiej, po jego przekroczeniu – przy dalszym zwiększaniu intensywności – gwałtownie obniża się aż do chwili zakończenia wysiłku. Typ jednofazowy charakteryzuje się ciągłym zwiększaniem szybkości reagowania wraz z narastającą intensywnością wysiłku, aż do osiągnięcia indywidualnego maksymalnego obciążenia (w tym wypadku optimum osiągnięto tuż po rozegraniu meczu).

W badaniach własnych polepszenie wyników w teście reakcji po wykonanym wysiłku stwierdzono w dwóch przypadkach, w sześciu pozostałych wyniki ulegały pogorszeniu. Wyniki badań własnych wskazują na potrzebę analizy

zmienności poziomu czasu reakcji pod wpływem zmęczenia z uwzględnieniem kierunku tych zmian.

W grupie badanych kobiet interesująca wydaje się również tendencja do skracania się czasu motorycznego po wysiłku fizycznym, przy jednoczesnym wydłużaniu się czasu reakcji utajonej. W badaniach McMorris i wsp. [11] określali zmiany czasu inicjowania reakcji (czas reakcji utajonej) oraz czas motoryczny w teście psychomotorycznym angażującym całe ciało badanego. Przeprowadzona analiza wskazuje, że badane zmiany poziomu laktatu we krwi, którego poziom znacząco podniósł się w czasie wykonywania wysiłku o wysokiej intensywności w odniesieniu do spoczynku, w sposób znaczący determinują zarówno zmiany czasu motorycznego, jak i czasu inicjowania reakcji. Czas inicjowania reakcji w tym wypadku angażował zarówno procesy zachodzące w centralnym systemie nerwowym (wykrywanie sygnału), jak i w obwodowym systemie nerwowym (efekt motoryczny – czas pierwszego kroku). Jednak analiza szybkości pierwszego kroku w teście psychomotorycznym po wysiłku nie wykazała istotnej statystycznie zmienności w odniesieniu do testu wykonywanego w spoczynku. Wyniki badań sugerują, że głównym czynnikiem wywołującym zmiany w czasie inicjowania reakcji (w tym wypadku istotne wydłużenie się czasu po wysiłku) są procesy zachodzące w centralnym układzie nerwowym.

Jednym z czynników wpływających na indywidualny stan pobudzenia układu nerwowego podczas wysiłku jest poziom katecholamin we krwi [5]. McMorris i wsp. [12] podjęli badania zmian szybkości podejmowania decyzji taktycznych u piłkarzy nożnych podczas wysiłku o narastającej intensywności wykonywanego do odmowy. W czasie wysiłku określony został próg adrenaliny. Szybkość podejmowania decyzji u badanych piłkarzy znacząco się polepszyła w warunkach wykonywanego wysiłku, zwłaszcza po przekroczeniu progu adrenaliny. Autorzy sugerują również, że wysiłki maksymalne bardziej w umiarkowany niż w znaczący sposób oddziałują pobudzająco na układ nerwowy.

Tomporowski [14] wskazuje, że trudność w interpretacji wyników badań naukowych w zakresie wpływu wysiłku na procesy informacyjne i kognitywne wynika ze zróżnicowania indywidualnych możliwości badanych determinowanych przez takie czynniki jak typ zadania, doświadczenie oraz poziom sprawności fizycznej.

Uwzględnienie powyższych czynników jak również wzięcie pod uwagę kierunku i siły reaktywności psychomotorycznej badanych w warunkach zaburzenia homeostazy, wyznaczają dalsze kierunki w kontynuacji badań własnych.

5. Wnioski

1. W badanej grupie młodych aktywnych fizycznie kobiet nie stwierdzono statystycznie istotnych zmian w poziomie analizowanych parametrów czasu reakcji pod wpływem progresywnie narastającego wysiłku wykonywanego do odmowy.
2. Indywidualna analiza powysiłkowych zmian czasu reakcji wskazuje na dwukierunkowość zjawiska reaktywności psychomotorycznej badanych w warunkach podejmowania intensywnego wysiłku fizycznego.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Aks D.J.: *Influence of exercise on visual search: Implications for mediating cognitive mechanisms*. Perceptual and Motor Skills 1998, 87, s. 771–783.
- [2]. Astrand P., Rodahl K., Dahl H.A., Stromme S.: *Textbook of Work Physiology – 4th Edition – Physiological Bases of Exercise*. Human Kinetics Publishers Inc. Champaign Il. USA. 2003.
- [3]. Brisswalter J., Jurand M., Delignieres D., Legros P.: *Optimal and non-optimal demand in a dual-task of pedaling and simple reaction time: Effects on energy expenditure and cognitive performance*. Journal of Human Movement Studies 1995, 29, s. 15–34.
- [4]. Chmura J.: *Szybkość działania zawodnika w piłce nożnej*. Medycyna Sportowa 2004, Vol. 8, Supplement No. 1, s. 75–96.
- [5]. Chmura J., Nazar K., Kaciuba-Uściłko H.: *Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamines threshold*. International Journal of Sport Medicine 1994, 15, s. 172–176.
- [6]. Chmura J., Nazar K., Kaciuba-Uściłko H., Pilis W., Wiśnik P., Krzemiński K., Kruk B., Ziemia A.: *Wpływ wybranych czynników na sprawność psychomotoryczną piłkarzy*. Sport Wyczynowy 1998, 7–8, s. 55–65.
- [7]. Cote J., Salmela J.H., Papathanasopoulou K.P.: *Effects of progressive exercise on attentional focus*. Perceptual and Motor Skills 1992, 75, s. 351–354.
- [8]. Davranche K., Audiffren M., Denjean A.: *A distributional analysis of the effect of physical exercise on a choice reaction time task*. Journal of Sports Sciences 2006, 24, s. 323–329.
- [9]. Delignieres D., Brisswalter J., Legros P.: *Influence of physical exercise on choice reaction time in sports experts: the mediating role of resource allocation*. Journal of Human Movement Studies 1994, 27, s. 173–188.
- [10]. Hogervorst E., Riedel W., Jeukendrup A., Jolles J.: *Cognitive performance after strenuous physical exercise*. Perceptual and Motor Skills 1996, 83, s. 491–488.

- [11]. McMorris T., Delves S., Sproule J., Lauder M., Hale B.: *Effect of incremental exercise on initiation and movement times in a choice response, whole body psychomotor task*. Br. J. Sports Med. 2005, 39, s. 537–541.
- [12]. McMorris T., Myers S., Macgillivray W.W., Sexsmith J.R., Fallowfield J., Graydon J., Foster D.: *Exercise, plasma catecholamine concentrations and decision-making performance of soccer players on a soccer-specific test*. Journal of Sports Sciences 1999, 17 (8), s. 667–676.
- [13]. McMorris T., Sproule J., Delves S., Child R.: *Performance of a psychomotor skill following rest, exercise at the plasma epinephrine threshold and maximal intensity exercise*. Perceptual and Motor Skills 2000, 91(2), s. 553–562.
- [14]. Tomporowski Ph.D.: *Effects of acute bouts of exercise on cognition*. Acta Psychologica 2003, 112(3), s. 297–324.
- [15]. Waśkiewicz Z.: *Przebieg procesu koordynowania ruchów człowieka pod wpływem anaerobowych wysiłków fizycznych*. AWF, Katowice 2002.

THE INFLUENCE OF INCREMENTAL EXERCISE ON REACTION TIME IN PHYSICAL ACTIVE WOMEN

Summary

The aim of this study was to examine the effect of incremental exercise on reaction time in young women ($22,27 \pm 2,8$ years). The subjects ($n = 8$) were tested on a three-simple reaction time task: in rest, after warm up and after exercise at 100% maximum power output (W_{max}) via an cycle ergometer incremental test to exhaustion. Reaction time was measured using a reaction test (RT S1) included in the Vienna Test System. The result show any effects on changes of reaction time after the effort, but individual performances are very different.

Translation: Teresa Zwierko