

# ASYMMETRY OF COMPLEX REACTION TIME IN FEMALE ÉPÉE FENCERS OF DIFFERENT SPORTS CLASSES

MONIKA JOHNE<sup>1</sup>, TATIANA POLISZCZUK<sup>2</sup>, DMYTRO POLISZCZUK<sup>1</sup>,  
AGNIESZKA DĄBROWSKA-PERZYNA<sup>3</sup>

*The Jozef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Physical Education,  
Department of Physiology<sup>1</sup>, Department of Gymnastics and Sport for All<sup>2</sup>,  
Department of Physical Games and Activities and Dance<sup>3</sup>*

Mailing address: Monika Johnne, The Jozef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw,  
Department of Physiology, 34 Marymoncka Street, 00-968 Warszawa,  
tel.: +48 22 834 22 25, fax: +48 22 8651080, e-mail: monika.johne@awf.edu.pl

## Abstract

**Introduction.** The issue of asymmetry is becoming more and more widespread, causing considerable difficulties for sportspersons. The aim of this study was to assess dynamic asymmetry of complex reaction time in female épée fencers from different sports classes. **Material and methods.** Study participants comprised 45 female fencers divided into 3 groups. The RT-S5 test of the Vienna Test System was used to record reaction time and motor time in response to visual and audiovisual stimuli. **Conclusions.** The study found differences in complex reaction time between fencers of different sports classes. Champion-class fencers showed a very high dynamic asymmetry. Considerable differences in complex reaction time were found depending on the type of stimulus involved.

**Key words:** dynamic asymmetry, complex reaction time, fencing, Vienna Test System

## Introduction

The issue of morphological and dynamic asymmetry is becoming more and more widespread in sports, causing considerable difficulties for sports persons. These difficulties are often overlooked or neglected by trainers. Unilateral training frequently makes it impossible for the trainee to perform well in sports. Contemporary sport involves physical strain that, combined with an excessive number of asymmetrical exercises, leads to numerous injuries, such as bone cysts, deformations of joints and the spine, and increased cross-section of muscles [1]. Many athletes suffer from detrimental changes that fairly quickly eliminate them from sport for ever. "Contemporary competitive sport as well recreational sport must not deform, let alone incapacitate" [2]. We frequently witness a premature end to the careers of promising sportspersons, who at a young age experience health problems resulting from an excess of asymmetrical exercise. This study assesses the degree of dynamic asymmetry based on complex reaction time.

In fencing, the ability to react quickly is a major factor in determining performance. Experienced fencers recognize their opponent's intentions by noting initiating actions, such as flexing shoulder muscles or flexing the muscles of the supporting leg. However, the more skilled the opponent, the better they are at coordinating their own movements and the more difficult it is to recognize their intentions and, consequently, to prepare for defensive actions [3]. These factors depend primarily on the fencer's experience, which is why fencers are very often most successful at the ages of 25-35 years.

Simple reactions are predominant in the constantly changing conditions of a sports duel, but the complex reaction time of fencers is becoming more and more important. According to

Czajkowski, "A whole plethora of excellent, world-class fencers can be named whose movements were not particularly quick, but whose reactions were extremely accurate" [4].

One should also consider differences in reaction time depending on the type of stimulus involved. In addition to visual stimuli, touch ("feeling the iron") also plays a vital role in fencing; however, the importance of touch in fighting is unfortunately decreasing, especially in épée fencing. This is caused by a shift away from complex technique and towards speed-based actions and simple actions, with limited "contact with the iron." Aural stimuli in conjunction with visual stimuli also play a certain role: for example, in elements of legwork such as jumping forward to close the distance to the opponent or the rhythm of steps [5].

The aim of this study was to assess dynamic asymmetry in terms of complex reaction time in female épée fencers of different sports classes.

## Material and methods

Study participants comprised N=45 female épée fencers divided into 3 groups (Tab. 1).

Group I comprised n=15 champion-class and international champion-class fencers. These fencers, who are part of the primary representation of Poland, have won medals at Polish, European, and World Championships.

Group II comprised n=15 fencers belonging to the first sports class. These fencers were medal winners at the Polish Championship and are part of the representation of Poland.

Group III comprised n=15 fencers belonging to the second sports class, who are members of the Legia Warszawa sports club.

All assessments were conducted during the competitive phase of the mesocycle.

**Table 1.** Characteristics of the groups ( $\bar{x} \pm SD$ )

Index	Group I (n=15)	Group II (n=15)	Group III (n=15)
Age [years]	21.9±3.5	18.1±2.3	15.5±1.3
Body height [cm]	176±6.6	173.7±5.7	168.3±5.3
Body weight [kg]	65.1±7.1	60.7±6.9	57.1±6.5
Training intership [years]	11.5±3.6	7.8±2.2	3.4±1.1
Sports class	Ch, ICh	I	II

Key: Ch - champion sports class, ICh - international champion sports class,  
I - first sports class, II - second sports class

The study was performed using the Vienna Test System (VTS) that allows for the evaluation of physiological and motor coordination abilities and for the neuropsychological predispositions that determine coordination of human movements [6].

Complex reaction time was measured using the RT (Reaction Time) test in the S5 form and a device that generated visual stimuli (appearing on the monitor) and audiovisual stimuli. The test lasted 10 minutes for each upper limb. To assess the results, special software was used that measured individual reaction times, which in turn were used to calculate reaction time [ms] (the time between the stimulus appearing and the participant releasing the "rest key") and motor time [ms] (the time between the participant releasing the "rest key" and pressing the "reaction key"). The measurement was performed using the dominant and the non-dominant upper limbs.

Statistical analysis of the results was performed using the STATISTICA software (StatSoft, Inc., 2001). The normality of statistical distributions was assessed using the Shapiro-Wilk test. Analysis of variance (ANOVA) was applied to compare results of measurements between the three groups. Statistical significance was set at  $\alpha = 0.05$ .

## Results

The study found considerable differences between the three groups in the mean values of measured indicators of the speed of complex reaction, i.e., the complex reaction time and motor time of the complex reaction obtained using the dominant and the non-dominant upper limbs (Tab. 2).

**Table 2.** Values of indicators of complex reaction speed achieved using the dominant and non-dominant upper limbs by fencers of different sports classes ( $\bar{x} \pm SD$ ), N = 45

Index	Group I (n=15)	Group II (n=15)	Group III (n=15)
CRT DL [ms]	391.1±34.5	435.4±28.3	470.5±50.16
CRT NDL [ms]	424.7±45.9	427.9±47.6	453.5±43.7
MTCR DL [ms]	94.9±14.1	94.3±26.1	106.3±35.7
MTCR NDL [ms]	107.9±19.1	104.1±30.7	115.2±18.6

Key: CRT DL - complex reaction time of the dominant limb, CRT NDL - complex reaction time of the non-dominant limb, MTCR DL - motor time of the complex reaction of the dominant limb, MTCR NDL - motor time of the complex reaction of the non-dominant limb.

The study found differences in the mean values of complex reaction time of fencers in different sports classes. Significant

differences in complex reaction time of the dominant limb were noted between champion-class fencers and fencers of both the first and second classes. Differences were also found between groups II and III. These results signify a great role of complex reaction time in achieving success in fencing (Tab. 3).

Table 4 presents significant differences in motor time of the complex reaction using the dominant upper limb. These differences were found only between groups I and II. The values of the complex reaction time of the non-dominant limb were significantly different between group I and fencers of the second sports class. Furthermore, the study found no significant differences in motor time of the non-dominant limb between fencers of different sports classes.

**Table 3.** Differences between parameters of complex reaction time using the dominant and non-dominant limbs in fencers of different sports classes, N = 45

The study groups	Group I	Group II	Group III
Group I		**	**
Group II			*
Group III	a		

\* statistically lower compared to group II; dominant limb ( $p < 0.03$ )

\*\* statistically lower compared to group I; dominant limb ( $p < 0.01$ )

a - statistically lower compared to group III; non-dominant limb ( $p < 0.001$ )

**Table 4.** Differences in parameters of motor time of complex reaction using the dominant and non-dominant limb between fencers of different sports classes, N = 45

The study groups	Group I	Group II	Group III
Group I			*
Group II			**
Group III			

\* statistically lower compared to group I; dominant limb ( $p < 0.03$ )

\*\* statistically lower compared to group II; dominant limb ( $p < 0.005$ )

Each group displayed considerable differences in dynamic asymmetry of upper limbs. Differences in parameters of complex reaction time using the dominant and non-dominant limb, shown in Figure 1, confirm a considerable motor asymmetry in fencers of the champion-class. On the other hand, fencers in groups II and III showed no significant dynamic asymmetry in terms of complex reaction time.

Values of motor time of the complex reaction using the dominant and non-dominant limbs were significantly different only in group I. This indicates a major dynamic asymmetry in fencers of the champion class, which is probably the result of long-term unilateral training. Other parameters of complex reaction time using the dominant and non-dominant limbs were not statistically different (Fig. 2).

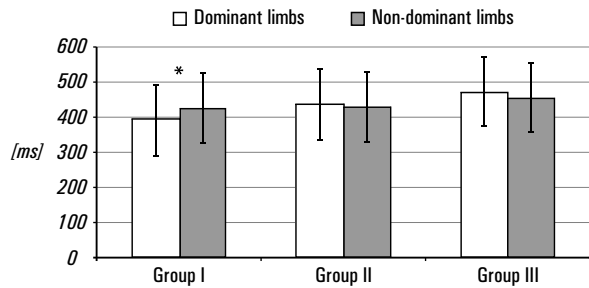


Figure 1. Mean (±SD) complex reaction time [ms] of the dominant and non-dominant limbs in fencers of different sports classes

\* statistically lower compared to the non-dominant limb (p<0.03)

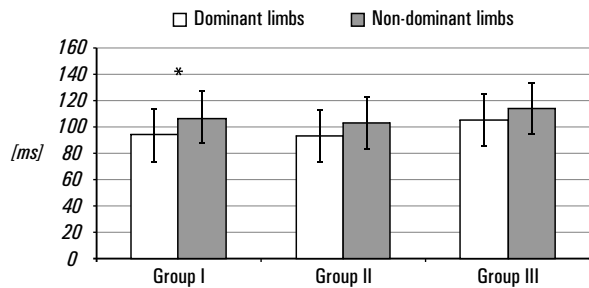


Figure 2. Mean (±SD) complex reaction time [ms] of the dominant and non-dominant limbs in fencers of different sports classes

\* statistically lower compared to the non-dominant limb (p<0.03)

Assessing complex reaction time also requires analyzing the number of incorrect and incomplete reactions. Measurements using the RT-S5 test allowed us to register the number of incorrect, incomplete, and missing reactions to a given stimulus. Whether a fencing duel or in the performed test, it is the appropriate reaction, not speed, which is crucial. A fencer will not be able to even land a very quick strike if they fail to recognize their opponent's true intentions.

Despite the fact that champion-class fencers have the quickest reactions, they also showed the smallest number of incorrect reactions (0.43±0.65) when using their dominant limb, with no missing or incomplete reactions.

Fencers in group II also showed no incomplete reactions, but had a small number of incorrect (0.53±0.92) and missing reactions (0.13±0.52).

Fencers in group III showed the highest number of incorrect (0.60±1.12), incomplete (0.13±0.52), and missing reactions (0.33±0.72).

Champion-class fencers, despite a small number of incorrect reactions (the smallest number of all three groups), showed a very good complex reaction time using the dominant limb.

Reactions performed using the non-dominant limb showed similar results. Champion-class fencers had the shortest complex reaction time, with the smallest number of incorrect reactions (0.27±0.46) and no missing reactions.

Fencers of the first sports class showed no incomplete reactions, but had some missing (0.13±0.35) and incorrect reactions (0.47±0.99).

Fencers in group III had a longer complex reaction time, with 0.60±0.82 missing reactions, 0.13±0.36 incomplete reactions, and 0.47±0.99 incorrect reactions. Differences in values of complex reaction time were found when the type of stimulus was considered. Study participants reacted the fastest to audio-

visual stimulus. Significant differences (p<0.05) in complex reaction time in response to audiovisual and visual stimuli using the dominant limb were found in all three groups. Even greater (p<0.001) differences in these parameters were found for the non-dominant hand (p<0.0001).

Discussion

Coordination abilities play a key role in achieving high performance in sports [7, 8]. Researchers agree that reaction time is important for sportspersons engaging in fighting sports if they are to be successful [9, 10]. Many studies on reaction time in various sports disciplines were based on its two indicators: motor time and choice reaction time. These indicators were treated as the main source of information when assessing speed abilities [11, 12, 13]. Studies were also conducted on lateral differences in reaction time. Studies on dynamic asymmetry most often used very simple tests that measured limb strength [14].

Measuring reaction time and motor time separately is important in practical terms, as it helps determine time-based connections between constituents of information processes when assessing individual abilities of fencers of different sports classes. Inexperienced fencers react differently than experienced fencers. The former analyze information in the sensory phase much longer than the latter, compensating for the prolonged central phase by quickly performing the movement itself. On the other hand, champion fencers, drawing from their experience, significantly shorten their decision-making time by using their anticipatory abilities [15].

The results of this study indicate that a significant difference occurs already between female fencers of the champion sports class and of the first sports class. Fencers with greater training experience displayed a shorter reaction time. However, the group showed a considerable dynamic asymmetry that could impede future development of this coordination ability.

Similar to research done by Borysiuk [16] on sportspersons engaged in taekwondo, karate and fencing, the obtained results indicate a significant change in the relationship between reaction time and motor time. We have concluded that reaction time can be significantly shortened, whereas motor time remains at similar levels. This fact unambiguously indicates that trainers of fighting sports should introduce changes to the training curriculum.

Study results show that fencers very often achieve better complex reaction time when they use their non-dominant upper limb, as was the case in groups II and III. The best complex reaction time was achieved by left-handed fencers. Assessment of champion-class fencers found that training experience and a narrow specialization contribute to achieving a shorter complex reaction time.

Fencing trainers often point to laterality as an important factor in achieving high performance [17]. Initially, the unusual character of a duel against a left-handed fencer or a lack of individual training with a left-handed trainer plays a major role. Other studies indicate that better performance by left-handed fencers can be the result of their shorter reaction time [18].

Jefimov and Kurpijanow reached a similar conclusion after assessing 60 persons aged 16-18 years who trained fighting sports [19]. The authors showed that left-handed sportspersons are quicker than right-handed sportspersons and that the quality of technique improves with the increase in motor symmetry.

This study found a significant difference in complex reaction time between group I and groups II and III, as well as between group II and group III. These results show that complex reaction time plays a very important role in achieving high performance in fencing. Significant differences in mean motor time were only found between groups I and III.

Klapp showed that reaction time is not always the same and that the complexity of movement in choice reaction does not necessarily prolong the latency phase [20].

Fencers employ different actions depending on the simple and complex reaction time. For instance, a fencer with a very quick simple reaction employs considerably more actions based around the reception of a particular stimulus, such as a simple fleche. Such actions pose a smaller risk and are used more and more often in épée fencing. Conversely, fencers with good reactions choose to employ many more complex actions that do not provide obvious clues to the fencer's intentions and which they frequently change throughout the duel. Such actions are extremely difficult to perform and their effectiveness depends not only on the fencer's technique and complex reaction, but also on the opponent's reaction. Experienced fencers recognize their opponent's intentions by noting initiating actions. Because they are well trained, they display optimal alertness, focus, and an extraordinary accuracy of response to the opponent's actions. Other researchers [21] have reached similar conclusions, stating that fencers with an extensive training experience shorten decision-making time by incorporating anticipatory factors. On the other hand, less experienced fencers process information in the sensory phase. This takes more time. This thesis is also supported by the results of this study. Champion-class fencers, despite not having trained with their non-dominant limb, performed better in terms of complex reaction time than fencers of the first sports class who used their dominant hand. Champion-class fencers showed a very high dynamic asymmetry despite their excellent results in the test involving the non-dominant arm.

The study found differences in complex reaction time depending on the type of stimulus involved. The three groups showed significant differences in complex reaction time in response to audiovisual and visual stimuli, both for the dominant and the non-dominant limb.

These results are consistent with the findings of Kandel, Shwarz and Jessel [22], who claim that reaction time in response to tactile and aural stimuli is the shortest, which is due to a quick processing of information by aural receptors and a rapid relaying of the afferent impulse to the brain.

Borysiuk reached a similar conclusion after performing a study with athletes engaged in fighting sports. He stated that the athletes react much faster to aural and tactile stimuli than to visual stimuli [5].

The results of this study may contribute to a modification to the planning and scheduling of fencing training on all stages that would incorporate the complex reaction time of the fencers.

### Conclusions

1. Fencers of different sports classes display differences in complex reaction time. Fencers of a higher class had a shorter complex reaction time.
2. Champion-class fencers show a high dynamic asymmetry of the upper limbs in terms of complex reaction compared to less experienced fencers.
3. Significant differences were found in complex reaction time depending on the type of stimulus involved. Fencers react the fastest to audio-visual stimuli.

### Acknowledgments

The research was accomplished within the framework of statutory research of the Josef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw – DS. 175 – financed by the Ministry of Science and Higher Education.

### Literature

1. Starosta W. (1996). Symetrization of movements: a method of developing coordination in beginner and advanced athletes. *Sport Wyczynowy* 7-8, 36-47. [in Polish]
2. Starosta W. (2003). *Motor Coordination Abilities: their role, structure, conditions, and development*. Warszawa: Instytut Sportu. [in Polish]
3. Starkes J.L., Ericsson K.A. (2003). *Expert performance in sports*. Champaign: Human Kinetics.
4. Czajkowski Z. (1998). Relationships between sensorimotor reactions and programming and complexity of movement. *Sport Wyczynowy* 3-4, 27-30. [in Polish]
5. Rhodes R.E., Courneya K.S., Hayduk L.A. (2002). Does personality moderate the theory of planned behavior in the exercise domain. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 1, 5-62.
6. Schuhfried G., Prieler J. (2001). Wiener Reactions test. Version 27.00. Möedling, Germany: Dr G. Schuhfried Ges. m. b.H.
7. Lyakh V., Sadowski J., Witkowski Z. (2011). Development of coordination motor abilities (CMA) in the system of long-term preparation of athletes. *Polish Journal of Sport and Tourism* 18(3), 187-196.
8. Sadowski J., Niżnikowska E., Niżnikowski T. (2009). Effectiveness of teaching the basic acrobatic exercises and patterns in the case acrobats having different coordination potential. *Polish Journal of Sport and Tourism* 16(4), 209-220.
9. Mouelhi Guizani S., Bouzaouach L., Tenenbaum G., Ben Kheder A., Feki Y., Bouaziz M. (2006). Simple and choice reaction times under varying levels of physical load in high skilled fencers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 46(2), 344-351.
10. Roi G.S., Pittaluga I. (1997). Time-motion analysis in women's sword fencing. In 4<sup>th</sup> IOC Congress on Sport Sciences, 22-25 October 1997. Principality of Monaco.
11. Viitasalo J.T., Komi P.V. (2008). EMG, reflex and reaction time components, muscle structure, and fatigue during intermittent isometric contractions in man. *International Journal of Sports Medicine* 1(4), 185-190. DOI: 10.1055/s-2008-1034657.
12. Gursoy R., Aggon E., Stephens R., Mehmet A.Z. (2012). Comparison of the physical and biomotor characteristics, and reaction time between Turkish male and female ice hockey players. *Advances in Physical Education* 2(4), 69-171. DOI: 10.4236/ape.2012.24029.
13. Rodrigues P., Barbosa R., Carita A.I., Barreiros J., Vasconcelos O. (2012). Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right – and left – handers. *European Journal of Sport Science* 12(2), 130-138. DOI:10.1080/17461391.2010.546059.
14. Struzik A., Pietraszewski B. (2010). Examination of the relationship between the static moment of force and the height of Counter Movement Jump. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inżynieria Biomedyczna* 16(4), 346-350.
15. Borysiuk Z. (2006). *Time Structure of Information Processes in Selected Fighting Sports*. Warszawa: AWF. [in Polish]
16. Borysiuk Z. (2006). Complex evaluation of predispositions of fencers in three stages of sport development. *Biology of Sport* 1, 41-55.
17. Poliszczuk T., Lampkowska M. (2007). Functional and dynamic asymmetry of simple reaction time in female fencers. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism* 13(3), 79-82.
18. Grabowska A. (1994). Left-handedness and lateralization of visual-spatial functions in the brain. *Przegląd Psychologiczny* 3, 301-312.

19. Jefimowa I.W., Kuprijanow W.A. (1995). Functional asymmetry and its importance in sports practice. *Teoria i Praktyka Fizycznej Kultury* 2, 23-24. [in Russian]
20. Klappa S.T. (1996). Reaction time analysis of central motor control. In H. N. Żelaźnik (Ed.), *Advances in motor learning and control* (pp.3, 24-29). Champaign: Human Kinetics.
21. Williams L.R., Walmsley A. (2000). Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *Journal Science and Medicine in Sport* 3, 460-475.
22. Kandel E.R., Schwarz J.H., Jessell T.M. (2000). *Principals of neural science*. New York: McGraw-Hill.

Submitted: December 6, 2012

Accepted: January 25, 2013

# ASYMETRIA SZYBKOŚCI REAKCJI ZŁOŻONEJ SZPADZISTEK O RÓŻNYM STOPNIU ZAAWANSOWANIA

MONIKA JOHNE<sup>1</sup>, TATIANA POLISZCZUK<sup>2</sup>, DMYTRO POLISZCZUK<sup>1</sup>,  
AGNIESZKA DĄBROWSKA-PERZYNA<sup>3</sup>

*Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie,  
Wydział Wychowania Fizycznego, Zakład Fizjologii<sup>1</sup>,  
Zakład Gimnastyki i Sportu dla Wszystkich<sup>2</sup>, Zakład Zabaw, Gier Ruchowych i Tańców<sup>3</sup>*

Adres do korespondencji: Monika Johne, Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, Wydział Wychowania Fizycznego, Zakład Fizjologii, ul. Marymoncka 34, 00-968 Warszawa, tel.: 22 8342225, fax: 22 8651080, e-mail: monika.johne@awf.edu.pl

## Streszczenie

**Wprowadzenie.** Problem dotyczący asymetrii występuje coraz częściej, sprawiając sportowcom duże problemy. Celem badań była ocena asymetrii dynamicznej w zakresie szybkości reakcji złożonej u szpadzistek reprezentujących różną klasę sportową. **Materiał i metody.** W badaniach wzięło udział 45 szpadzistek, które podzielono na trzy grupy. Zastosowano test RT-S5 Wiedeńskiego Systemu Testów rejestrujący czas reakcji i czas ruchu prostego na bodźce wizualne i wizualno-słuchowe. **Wnioski.** Wystąpiła różnica szybkości w reakcji złożonej pomiędzy zawodniczkami posiadającymi różną klasę sportową. Zawodniczki z klasą mistrzowską charakteryzowała bardzo duża asymetria dynamiczna. Zauważono znamienne różnice dotyczące czasu reakcji złożonej, ze względu na rodzaj generowanego bodźca.

**Słowa kluczowe:** asymetria dynamiczna, szybkość reakcji złożonej, szermierka, Wiedeński System Testów

## Wstęp

W sporcie problem asymetrii morfologicznej i dynamicznej występuje coraz częściej sprawiając zawodnikom duże problemy, które często są niezauważane lub lekceważone przez trenerów. Bardzo często jednostronny trening uniemożliwia uzyskanie wysokich wyników sportowych. Przy współczesnych obciążeniach stosowanych w sporcie, zbyt duża objętość ćwiczeń asymetrycznych, prowadzi do licznych kontuzji takich jak: zgrubienia kości, deformacje stawów i kręgosłupa oraz zwiększenia poprzecznego przekroju mięśni [1]. Niekorzystne zmiany występują u wielu zawodników, dość szybko eliminując ich ze sportu na zawsze. „Współczesny sport wyczynowy, ale także rekreacyjny, nie może deformować, a tym bardziej kaleczyć” [2]. Niejednokrotnie jesteśmy świadkami przedwcześnie zakończonej kariery dobrze zapowiadających się sportowców, którzy w wczesnym wieku mają problemy zdrowotne, będące efektem nadmiernego stosowania ćwiczeń asymetrycznych. W przedstawionych badaniach stopień asymetrii dynamicznej oceniony został na podstawie szybkości reakcji złożonej.

W szermierce zdolność szybkiej reakcji złożonej w dużym stopniu decyduje o osiągnięciu wysokich wyników sportowych. Doświadczeni szermierze rozpoznają działania przeciwników poprzez dostrzeganie zamiarów wstępnych, np.: napięcie mięśni obręczy barkowej, czy napięcie mięśni kończyny zakroczonej. Jednak, im bardziej doświadczony jest przeciwnik, tym lepiej potrafi skoordynować swoje ruchy i tym trudniejsze staje się rozpoznanie jego zamiarów, a co za tym idzie przygotowanie działań obronnych [3]. Elementy te w dużej mierze opierają się na doświadczeniu zawodników, dlatego też bardzo często najlepsze wyniki sportowe szermierze osiągają w wieku około 25-35 lat.

W zmieniających się warunkach walki sportowej przewa-

żają reakcje proste, jednak czas reakcji złożonej u szermierzy nabiera coraz większego znaczenia. Według Czajkowskiego: „Można wymienić całą plejadę znakomitych szermierzy światowej klasy, których ruchy były niezbyt szybkie, ale którzy odznaczyli się znakomitą trafnością reagowania” [4].

Należy również zwrócić uwagę na różnice czasu reakcji ze względu na rodzaj oddziałującego bodźca. W szermierce oprócz bodźca wzrokowego, dużą rolę odgrywają również bodźce dotykowe, tzw. „czucie żelaza”, jednak jego znaczenie w walce (zwłaszcza na szpady) jest niestety coraz mniejsze. Spowodowane jest to coraz częstszym odchodzeniem od złożonej techniki, a większym bazowaniem na działaniach opartych na szybkości i prostych działaniach z ograniczonym „kontaktem żelaza”. Wraz z bodźcem wzrokowym pewną rolę odgrywają również bodźce słuchowe, np. elementy pracy nóg takie jak doskok, rytm kroków [5].

Celem badań była ocena asymetrii dynamicznej w zakresie szybkości reakcji złożonej u szpadzistek posiadających różną klasę sportową.

## Materiał i metody

W badaniach wzięło udział n=45 szpadzistek, które podzielono na trzy grupy (Tab. 1).

Grupę I stanowiło n=15 zawodniczek, mistrzowskiej i międzynarodowej mistrzowskiej klasy sportowej. Były to szpadzistki należące do ścisłej reprezentacji kraju, które zdobywały medale z mistrzostw Polski, Europy i Świata.

W grupie II było n=15 zawodniczek pierwszej klasy sportowej. Zawodniczki tej grupy były medalistkami mistrzostw Polski i należą do reprezentacji Polski.

Grupę III stanowiło n=15 zawodniczek posiadających dru-

gą klasę sportową, reprezentujących klub Legia Warszawa.

Wszystkie badania przeprowadzono w mezcycyku startowym.

**Tabela 1.** Charakterystyka grup badanych ( $\bar{x} \pm SD$ )

Badane grupy	Grupa I (n=15)	Grupa II (n=15)	Grupa III (n=15)
Wiek [lata]	21,9±3,5	18,1±2,3	15,5±1,3
Wysokość ciała [cm]	176±6,6	173,7±5,7	168,3±5,3
Masa ciała [kg]	65,1±7,1	60,7±6,9	57,1±6,5
Staż treningowy [lata]	11,5±3,6	7,8±2,2	3,4±1,1
Klasa sportowa	M. i M.M.	I	II

Legenda: M. – mistrzowska, M.M. - międzynarodowa mistrzowska, I – pierwsza klasa sportowa, II – druga klasa sportowa

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem Wiedeńskiego Systemu Testów (WST), który pozwala na diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych oraz fizjologicznych i neuropsychologicznych predyspozycji warunkujących koordynowanie ruchów człowieka [6].

Szybkość reakcji złożonej zbadano za pomocą Testu RT (Reaction Time, forma S5) urządzenia generującego bodźce wizualne, pojawiające się na monitorze oraz bodźce wizualno-słuchowe. Czas trwania testu dla jednej kończyny górnej wynosił 10 minut. Program oceny wyników, między innymi rejestrował czasy poszczególnych reakcji, z których obliczono czas reakcji [ms], (odstęp czasowy pomiędzy występowaniem bodźca i zwolnieniem „klawisza spoczynku”) oraz czas ruchu prostego [ms], (odstęp czasowy pomiędzy zwolnieniem „klawisza spoczynku” i naciśnięciem na „klawisz reakcji”). Badanie wykonano dominującą i niedominującą kończyną górną.

Do statystycznego opracowania wyników badań wykorzystano pakiet oprogramowania STATISTICA (StatSoft, Inc.2001). Zgodność rozkładów statystycznych z rozkładem normalnym sprawdzono za pomocą testu Shapiro-Wilka.

W celu porównania wyników pomiarów w trzech badanych grupach zawodniczek, wykonano analizę wariancji (ANOVA). Przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki

W zakresie wartości średnich mierzonych wskaźników szybkości reakcji złożonej, tj: czasu reakcji złożonej i czasu ruchu prostego reakcji złożonej uzyskanych dominującą i niedominującą kończyną górną, stwierdzono znaczące różnice pomiędzy badanymi grupami (Tab. 2).

**Tabela 2.** Wartości wskaźników szybkości reakcji złożonej uzyskane dominującą i niedominującą kończyną przez zawodniczki różnej klasy sportowej ( $\bar{x} \pm SD$ ), n = 45

Badane grupy	Grupa I (n=15)	Grupa II (n=15)	Grupa III (n=15)
TRZ DK [ms]	391,1±34,5	435,4±28,3	470,5±50,16
TRZ NK [ms]	424,7±45,9	427,9±47,6	453,5±43,7
TRPRZ DK [ms]	94,9±14,1	94,3±26,1	106,3±35,7
TRPRZ NK [ms]	107,9±19,1	104,1±30,7	115,2±18,6

Legenda: TRZ DK - czas reakcji złożonej dominującej kończyny, TRZ NK - czas reakcji złożonej niedominującej kończyny, TRPRZ DK - czas ruchu prostego reakcji złożonej dominującej kończyny, TRPRZ NK - czas ruchu prostego reakcji złożonej niedominującej kończyny.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono różnice średnich wartości czasu reakcji złożonej uzyskane przez zawodniczki posiadające różne klasy sportowe. Znamienne różnice dla czasu reakcji złożonej uzyskane dominującą kończyną, wystąpiły pomiędzy zawodniczkami mistrzowskiej klasy sportowej, a szpadzistkami pierwszej i drugiej klasy sportowej. Stwierdzono również różnice pomiędzy grupą II i III. Wyniki te świadczą o bardzo dużej roli, jaką odgrywa czas reakcji złożonej w osiąganiu wysokich wyników sportowych w szermierce (Tab. 3).

W Tabeli 4 przedstawiono istotne różnice dla czasu ruchu prostego reakcji złożonej uzyskane dominującą kończyną górną. Wystąpiły one tylko pomiędzy zawodniczkami grupy I i II. Wyniki czasu reakcji złożonej uzyskane niedominującą kończyną różniły się istotnie pomiędzy grupą I, a szpadzistkami drugiej klasy sportowej. Nie stwierdzono istotnych różnic z zakresu czasu ruchu prostego niedominującą kończyną górną a zawodniczkami posiadającymi różne klasy sportowe.

**Tabela 3.** Różnice między parametrami czasu reakcji złożonej uzyskane dominującą i niedominującą kończyną przez zawodniczki różnej klasy sportowej, n = 45

Badane grupy	Grupa I	Grupa II	Grupa III
Grupa I		**	**
Grupa II			*
Grupa III	a		

\* statystycznie istotnie niższa w porównaniu z grupą II uzyskane dominującą kończyną ( $p < 0,03$ )

\*\* statystycznie istotnie niższe w porównaniu z grupą I uzyskane dominującą kończyną ( $p < 0,01$ )

a – statystycznie istotnie wyższa w porównaniu z grupą III uzyskane niedominującą kończyną ( $p < 0,001$ )

**Tabela 4.** Różnice między parametrami czasu ruchu prostego reakcji złożonej uzyskane dominującą i niedominującą kończyną przez zawodniczki różnej klasy sportowej, n = 45

Badane grupy	Grupa I	Grupa II	Grupa III
Grupa I			*
Grupa II			**
Grupa III			

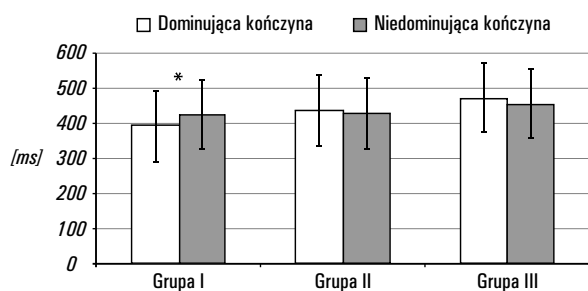
\* statystycznie istotnie niższa w porównaniu z grupą I uzyskane dominującą kończyną ( $p < 0,03$ )

\*\* statystycznie istotnie niższa w porównaniu z grupą II uzyskane dominującą kończyną ( $p < 0,005$ )

Wystąpiły znamienne różnice dotyczące asymetrii dynamicznej kończyn górnych w poszczególnych grupach. Przedstawione na Rycinie 1 różnice wskaźników czasu reakcji złożonej uzyskane dominującą i niedominującą kończyną, potwierdzają znaczną asymetrię ruchową u zawodniczek mistrzowskiej klasy sportowej. Natomiast wśród zawodniczek grupy II i III stwierdzono brak istotnej różnicy asymetrii dynamicznej z zakresu czasu reakcji złożonej.

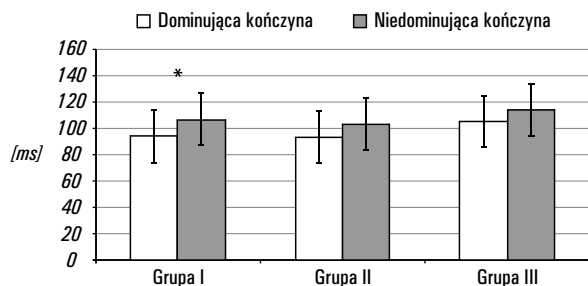
Wyniki czasu ruchu prostego reakcji złożonej uzyskane dominującą i niedominującą kończyną różniły się istotnie tylko u zawodniczek grupy I. Świadczy to o bardzo dużej asymetrii dynamicznej, jaka wystąpiła u szpadzistek mistrzowskiej klasy sportowej, która prawdopodobnie jest efektem długotrwałego

jednostronnego treningu. Pozostałe wskaźniki czasu reakcji złożonej uzyskane prawą i lewą kończyną górną nie różniły się istotnie statystycznie (Ryc. 2).



**Rycina 1.** Średnie ( $\pm$ SD) czasu reakcji złożonej [ms] uzyskane dominującą i niedominującą kończyną przez zawodniczki różnej klasy sportowej

\* statystycznie istotnie niższa w porównaniu z kończyną niedominującą ( $p < 0,03$ )



**Rycina 2.** Średnie ( $\pm$ SD) czasu reakcji złożonej [ms] uzyskane dominującą i niedominującą kończyną przez zawodniczki różnej klasy sportowej

\* statystycznie istotnie niższa w porównaniu z kończyną niedominującą ( $p < 0,03$ )

Przy ocenie szybkości reakcji złożonej konieczna jest również analiza liczby reakcji błędnych i niepełnych. Przeprowadzone badania na testem RT-S5 umożliwiły rejestrację liczby reakcji niepełnych, błędnych oraz braku reakcji na wyznaczony bodziec. Zarówno w pojedynku szermierczym, jak i w wykonanej próbie najważniejsza jest nie szybkość, lecz odpowiednia reakcja. Nawet bardzo szybkie trafienie nie zostanie zadane, jeśli nie będą rozpoznane prawdziwe zamiary przeciwnika.

Pomimo najszybszej reakcji u zawodniczek posiadających mistrzowską klasę sportową, w próbach wykonanych dominującą kończyną górną zaobserwowano najmniejszą liczbę reakcji błędnych  $0,43 \pm 0,65$ , zachowując przy tym reakcję na wszystkie bodźce i nie popełniając żadnej reakcji niepełnej.

U zawodniczek grupy II również nie wystąpiły reakcje niepełne, zanotowano jednak niewielką liczbę popełnionych błędów  $0,53 \pm 0,92$ , a także brak reakcji na wyznaczony bodziec  $0,13 \pm 0,52$ .

Wśród szpadzistek grupy III zarejestrowano największą liczbę popełnionych błędów  $0,60 \pm 1,12$ , reakcji niepełnych  $0,13 \pm 0,52$  oraz brak reakcji na określony bodziec  $0,33 \pm 0,72$ .

Pomimo niewielkiej liczby popełnionych błędów (najmniejsza spośród trzech grup szpadzistek), zawodniczki mistrzowskiej klasy sportowej uzyskały bardzo dobry czas reakcji złożonej kończyną dominującą.

W próbach wykonanych niedominującą kończyną uzyskano podobne wyniki. Zawodniczki klasy mistrzowskiej uzyskały

najkrótszy czas reakcji złożonej, popełniając najmniejszą liczbę błędów  $0,27 \pm 0,46$  i reagując na wszystkie bodźce.

Wśród szpadzistek posiadających pierwszą klasę sportową nie zarejestrowano reakcji niepełnych, jednakże odnotowano brak reakcji na wyznaczony bodziec  $0,13 \pm 0,35$  oraz  $0,47 \pm 0,99$  reakcji błędnych.

Zawodniczki grupy III miały dłuższy czas reakcji złożonej, nie reagując przy tym na określone bodźce  $0,60 \pm 0,82$ . W tej grupie badanych wystąpiło  $0,13 \pm 0,36$  reakcji niepełnych, a reakcji błędnych  $0,47 \pm 0,99$ . Wyniki z uwzględnieniem rodzaju generowanego bodźca różniły się w zakresie czasu reakcji złożonej. Najszybciej zawodniczki reagowały na bodziec wzrokowo-słuchowy. W trzech grupach zarejestrowano istotne różnice wyników ( $p < 0,05$ ) czasu reakcji złożonej na bodźce: wzrokowo-słuchowy i wzrokowy, uzyskanych dominującą kończyną. Jeszcze większą różnicę ( $p < 0,001$ ) stwierdzono porównując takie wyniki dla niedominującej ( $p < 0,0001$ ).

## Dyskusja

Koordynacyjne zdolności motoryczne odgrywają kluczową rolę w osiąganiu wysokich wyników sportowych [7, 8]. Powszechnie uważa się, że szybkość reakcji ma istotne znaczenie w osiąganiu wysokich wyników przez zawodników uprawiających sporty walki [9, 10]. Liczne badania poświęcone szybkości reakcji przeprowadzone w różnych dyscyplinach sportowych bazowały na dwóch jej przejawach: czasie reakcji prostej i czasie reakcji z wyboru, traktując je jako główne źródło informacji w diagnozowaniu predyspozycji szybkościowych [11, 12, 13]. Przeprowadzono też badania, dotyczące jednostronnego zróżnicowania szybkości reakcji. W badaniach asymetrii dynamicznej najczęściej stosowano bardzo proste próby mierzące siłę kończyn [14].

Oddzielna rejestracja czasu reakcji i czasu ruchu prostego ma duże znaczenie praktyczne, gdyż ustala związki czasowe pomiędzy składowymi procesami informacyjnymi, pod względem indywidualnych predyspozycji zawodników o różnej klasie sportowej. Inaczej reagują nieoświadczeni zawodnicy, inaczej natomiast zawodnicy o długim stażu treningowym. Pierwsi przetwarzają informacje w fazie czuciowej znacznie dłużej niż mistrzowie, rekompensując wydłużenie fazy centralnej szybkim wykonaniem samego ruchu. Natomiast mistrzowie, bazując na swoim doświadczeniu, znacząco skracają czas podejmowania decyzji, wykorzystując zdolności antypacyjne [15].

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że istotna różnica wystąpiła już pomiędzy szpadzistkami mistrzowskiej i pierwszej klasy sportowej. Zawodniczki posiadające dłuższy staż treningowy dysponowały krótszym czasem reakcji złożonej. W tej grupie została jednak odnotowana znacznie większa asymetria dynamiczna, która może w przyszłości zahamować rozwój tej zdolności koordynacyjnej.

Podobnie jak w badaniach Borysiuka [16], przeprowadzonych na zawodnikach trenujących taekwondo, karate i szermierkę, uzyskane wyniki wskazują na istotną zmianę relacji pomiędzy czasem reakcji i czasem ruchu prostego. Stwierdzono, że czas reakcji jest tym parametrem, który może podlegać istotnemu skróceniu, natomiast czas ruchu prostego pozostaje na podobnym poziomie. Fakt ten wskazuje jednoznacznie na kierunek działań szkoleniowych, który powinien być zmodyfikowany przez trenerów sportów walki.

Powyższe wyniki badań czasu reakcji złożonej dowodzą, iż bardzo często lepszy czas reakcji złożonej występuje w próbach wykonanych niedominującą kończyną górną. Przypadek taki został zarejestrowany w grupie II i III. Zdecydowanie najkrótszy czas reakcji złożonej osiągnęły zawodniczki leworęczne. Wśród zawodniczek posiadających mistrzowską klasę sportową stwierdzono, że staż treningowy i wysoka specjalizacja



mają wpływ na osiągnięcie krótszego czasu reakcji złożonej.

Wśród trenerów szermierki bardzo często mówi się o znaczeniu stronności w osiąganiu wysokich wyników sportowych [17]. Na etapie początkowym, na pewno duże znaczenie odgrywa nietypowy przebieg walki z zawodnikiem leworęcznym lub brak treningu indywidualnego z trenerem leworęcznym. Wyniki badań innych autorów świadczą, że lepsze rezultaty zawodników leworęcznych, mogą być spowodowane szybszym czasem reakcji [18].

Do podobnych wniosków doszli Jefimowa i Kuprijanow [19] po przeprowadzeniu eksperymentu na 60-ciu zawodnikach trenujących sporty walki w wieku 16-18 lat. Autorzy udowodnili, że zawodnicy leworęczni są szybsi od praworęcznych oraz, że im większa jest symetria ruchowa, tym lepsza jest technika.

W niniejszych badaniach stwierdzona została istotna różnica w zakresie czasu reakcji złożonej pomiędzy zawodniczkami grupy I, a pozostałymi grupami oraz pomiędzy szpadzistkami grupy II i III. Wyniki te dowodzą, że czas reakcji złożonej odgrywa bardzo dużą rolę w osiąganiu wysokich wyników sportowych w szermierce. Tylko pomiędzy grupą I, a IV wystąpiły istotne różnice średniego czasu ruchu prostego.

Klapp [20] wykazał, że czas reakcji nie jest stale taki sam, natomiast w reakcji z wyboru złożoność ruchu niekoniecznie wpływa na wydłużenie czasu okresu utajonego.

W zależności od szybkości reakcji prostej i złożonej zawodnicy stosują w walce określone działania szermiercze. I tak, zawodnik z bardzo szybką reakcją prostą stosuje znacznie więcej działań opartych na odbiorze określonego bodźca np. prosty rzut. Działania te są mniej ryzykowne i coraz częściej stosowane w walce na szpady. Natomiast zawodnicy o dobrej reakcji, z wyboru stosują znacznie więcej działań złożonych o nie znanym zakończeniu i często zmieniają je w toku walki. Działania te są bardzo trudne do wykonania, a ich skuteczność zależy nie tylko od techniki i reakcji złożonej, którą posiada zawodnik, ale również od reakcji przeciwnika. Doświadczeni szermierze rozpoznają działania przeciwników po dostrzeżeniu zamiarów wstępnych. Będąc w dobrej formie sportowej, odznaczają się optymalnym pobudzeniem, skupieniem oraz niezwykłą trafnością reagowania na działania przeciwnika. Podobne wnioski wysunęli inni autorzy [21], którzy uważają, że zawodnicy o dłuższym stażu treningowym skracają podejmowanie decyzji, redukując czas poprzez włączenie czynników antycypacyjnych. Natomiast zawodnicy o mniejszym doświadczeniu, przetwarzają informacje w fazie czuciowej, która zajmuje więcej czasu. Potwierdzeniem tej tezy mogą być również przedstawione wyniki badań. Zawodniczki mistrzowskiej klasy sportowej pomimo tego, że nie trenowały niedominującą kończyną, osiągnęły lepsze wyniki z zakresu czasu reakcji złożonej, niż zawodniczki pierwszej klasy sportowej dominującą kończyną. Pomimo bardzo dobrego wyniku w próbie wykonanej niedominującą kończyną, wśród zawodniczek klasy mistrzowskiej zaobserwowana została bardzo wysoka asymetria dynamiczna.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono różnice czasu reakcji złożonej ze względu na rodzaj generowanego bodźca. W trzech grupach zarejestrowano istotne różnice wyników czasu reakcji złożonej na bodźce: wzrokowo-słuchowy i wzrokowy. Różnice dotyczyły obu kończyn – dominującej i niedominującej.

Wyniki te są zgodne z poglądami Kandel, Schwarz, Jessell [22], którzy uważają, że czas reakcji na bodźce czuciowe i akustyczne są najkrótsze, co spowodowane jest szybkim przetwarzaniem informacji dźwiękowych przez receptory słuchowe i krótkim trwaniem przekazu impulsu afferentnego do mózgu.

Do podobnego wniosku doszedł Borysiuk, po badaniach przeprowadzonych na zawodnikach trenujących sporty walki. Stwierdził, że zawodnicy znacznie szybciej reagują na bodźce akustyczne i taktylne, niż na bodźce wzrokowe [5].

Wyniki przeprowadzonych badań mogą przyczynić się do

skorygowania planowania i programowania treningu szermierczego na wszystkich etapach szkolenia z uwzględnieniem predispozycji szybkości reakcji złożonej zawodników.

### Wnioski

1. Pomiedzy zawodniczkami różnej klasy sportowej występuje różnica szybkości reakcji złożonej. Zawodnicy posiadający wyższą klasę sportową dysponowali krótszym czasem reakcji złożonej.
2. Szpadzistki klasy mistrzowskiej charakteryzują się dużą asymetrią dynamiczną kończyn górnych, w zakresie szybkości reakcji złożonej, w porównaniu z mniej zaawansowanymi zawodniczkami.
3. Stwierdzono istotne różnice dotyczące czasu reakcji złożonej, ze względu na rodzaj generowanego bodźca. Zawodniczki trenujące szermierkę najszybciej reagują na bodziec wzrokowo-słuchowy.

### Podziękowania

Pracę wykonano w ramach badań statutowych Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie – DS. 175 – finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

### Piśmiennictwo

1. Starosta W. (1996). Symetryzacja ruchów – metoda rozwijania koordynacji u początkujących i zaawansowanych zawodników. *Sport Wyczynowy* 7-8, 36-47.
2. Starosta W. (2003). *Motoryczne zdolności koordynacyjne. Znaczenie, struktura, uwarunkowanie, kształtowanie*. Warszawa: Instytut Sportu.
3. Starkes J.L., Ericsson K.A. (2003). *Expert performance in sports*. Champaign: Human Kinetics.
4. Czajkowski Z. (1998). Zależności czasów odpowiedzi czuciowo-ruchowych od programowania przez złożoność ruchu. *Sport Wyczynowy* 3-4, 27-30.
5. Rhodes R.E., Courneya K.S., Hayduk L.A. (2002). Does personality moderate the theory of planned behavior in the exercise domain. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 1, 5-62.
6. Schuhfried G., Prieler J. (2001). Wiener Reactions test. Version 27.00. Möedling, Germany: Dr G. Schuhfried Ges. m. b.H.
7. Lyakh V., Sadowski J., Witkowski Z. (2011). Development of coordination motor abilities (CMA) in the system of long-term preparation of athletes. *Polish Journal of Sport and Tourism* 18(3), 187-196.
8. Sadowski J., Niżnikowska E., Niżnikowski T. (2009). Effectiveness of teaching the basic acrobatic exercises and patterns in the case acrobats having different coordination potential. *Polish Journal of Sport and Tourism* 16(4), 209-220.
9. Mouelhi Guizani S., Bouzaouach I., Tenenbaum G., Ben Kheder A., Feki Y., Bouaziz M. (2006). Simple and choice reaction times under varying levels of physical load in high skilled fencers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 46(2), 344-351.
10. Roi G.S., Pittaluga I. (1997). Time-motion analysis in women's sword fencing. W 4<sup>th</sup> IOC Congress on Sport Sciences, 22-25 październik 1997. Principality of Monaco.

11. Viitasalo J.T., Komi P.V. (2008). EMG, reflex and reaction time components, muscle structure, and fatigue during intermittent isometric contractions in man. *International Journal of Sports Medicine* 1(4), 185-190. DOI: 10.1055/s-2008-1034657.
12. Gursoy R., Aggon E., Stephens R., Mehmet A.Z.(2012). Comparison of the physical and biomotor characteristics, and reaction time between Turkish male and female ice hockey players. *Advances in Physical Education* 2(4), 69-171. DOI: 10.4236/ape.2012.24029.
13. Rodrigues P., Barbosa R., Carita A.I., Barreiros J., Vasconcelos O. (2012). Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right – and left – handers. *European Journal of Sport Science* 12(2), 130-138. DOI:10.1080/17461391.2010.546059.
14. Struzik A., Pietraszewski B. (2010). Examination of the relationship between the static moment of force and the height of Counter Movement Jump. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inżynieria Biomedyczna* 16(4), 346-350.
15. Borysiuk Z. (2006). *Struktura czasowa procesów informacyjnych w wybranych sportach walki*. Warszawa: AWF.
16. Borysiuk Z. (2006). Complex evaluation of fencers predisposition in three stages of sport development. *Biology of Sport* 1, 41-55.
17. Poliszczuk T., Lampkowska M. (2007). Functional and dynamic asymmetry of simple reaction time in female fencers. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism* 13(3), 79-82.
18. Grabowska A. (1994). Left-handedness and lateralization of visual-spatial functions in the brain. *Przegląd Psychologiczny* 3, 301-312.
19. Jefimowa I.W., Kuprijanow W.A. (1995). Funkcjonalna asymetria i jej znaczenie w sportowej praktyce. *Teoria i Praktyka Fizycznej Kultury* 2, 23-24.
20. Klappa S.T. (1996). Reaction time analysis of central motor control. W H. N. Żelaźnik (Red.), *Advances in motor learning and control* (str. 24-29). Champaign: Human Kinetics.
21. Williams L.R., Walmsley A. (2000). Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *Journal Science and Medicine in Sport* 3, 460-475.
22. Kandel E.R., Schwarz J.H., Jessell T.M. (2000). *Principals of neural science*. New York: McGraw-Hill.

Otrzymano: 06.12.2012

Przyjęto: 25.01.2013