

THE ARCHES OF THE FEET OF COMPETITORS IN SELECTED SPORTING DISCIPLINES

MAŁGORZATA LICHOTA¹, MAGDALENA PLANDOWSKA², PATRYCJUSZ MIL³

*The Josef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw,
Faculty of Physical Education and Sport in Biała Podlaska, Chair of Physical Education,*

¹*Department of Correction and Compensation,*

²*Department of Theory and Methodology of Physical Education,*

³*Waterworld Centre "Aquatic Fun", Warsaw*

Mailing address: Małgorzata Lichota, Faculty of Physical Education and Sport,
2 Akademicka Street, 21-500 Biała Podlaska, tel.: +48 83 3428752, fax: +48 83 3428800,
e-mail: malgorzata.lichota@awf-bp.edu.pl

Abstract

Introduction. The human foot is an important and individual static-dynamic part of the movement apparatus. Physical activity is one of the many factors which has an impact on the arch of the foot, and specific sporting disciplines affect the morphological construction and active efficiency of the foot to differing degrees. The aim of this study was to evaluate the foot-arches of competitors training in the disciplines of athletics, handball, volleyball and taekwon-do, and to demonstrate the differences in the arching of the foot, depending on the discipline of the participant. **Material and methods.** Observation of a group of 46 student-competitors at the sports club of the Academic Sports Association (ASA) of the Faculty of Physical Education and Sport in Biała Podlaska, training in handball, volleyball, athletics and taekwon-do. Using information from plantograms, obtained using a podoscope, the following were analyzed: Wejsflog's indicator, the position of the big toe (hallux) – angle α ; the position of toe V – angle β ; the position of the heel – angle γ . **Results.** The values given by Wejsflog's indicator show the presence of an asymmetry in the arch of the right foot compared to that of the left foot. The reason for this, according to Demczuk-Włodarczyk and Bieć [1] may be the type of surface on which training is conducted. The authors demonstrate that fallen arches are less common in practitioners of taekwon-do, who usually train on an elastic mat, which confirms the results of earlier research conducted on competitors at the Academic Sports Association of the Faculty of Physical Education and Sport in Biała Podlaska. **Conclusions.** The occurrence of an abnormal formation of the arches that make up the arch of the foot, and of asymmetry in the arch between the left and right feet observed in the sample, shows the necessity of devoting greater attention to compensatory exercises that strengthen the short muscles of the foot and the muscles of the calf in the training process, in order to make up for frequently unbalanced strain.

Key words: arches of the foot, Wejsflog's indicator, sport, BMI

Introduction

The human foot is an important and individual static-dynamic part of the movement apparatus. On the one hand, it provides support and in static conditions allows the body to balance in one position in space. It is one of the most active parts of the human body and more often than other parts is subject to extreme strain, as it carries the weight of the body, as well as, often, additional loads held or carried by a human being. On the other hand, however, the foot plays an important role in the mechanics of walking, as an element of posture that maintains a direct connection with the floor in a stationary position and in locomotive movement. It also accounts for amortization, protecting the spine and skull against tiny shocks while in motion.

The foot consists of three sections: the back – the bones of the tarsus – the middle – bones of the metatarsus – and front – bones of the toes. The tarsus is made up of seven bones: the talus, the calcaneus, the cuboid, three cuneiform bones (the medial, intermediate and lateral) and the navicular. The metatarsus is made up of five long bones of small dimensions, and for each of them it is possible to identify a posterior (articulating

proximally with the bones of the tarsus), dorsal and anterior section (with a ligament surface for the corresponding toe).

The foot has its own external and internal architecture, ensuring the possibility of supporting the weight of the whole body and fulfilling the function of a mechanism of motion. The external architecture of the foot is created by a system of longitudinal arches (medial and lateral) and transverse arches (anterior – peripheral and posterior), which make up a kind of suspension that spreads to support a load, and returns to its original state thanks to its individual characteristics. Strictly speaking, the weight of the body is spread over the heel bone and the anterior parts of the metatarsal bones I and V. The heel bone, being one of the densest bones of the tarsus, is strengthened by the strongest muscle, whereas the metatarsus makes up the most flexible part of the foot.

The arches have a major effect on the efficacy of the foot: the longitudinal metatarsal and the transverse anterior are the most flexible and dynamic elements, while the longitudinal lateral and the transverse posterior fulfill static functions. The toes fulfill an equally essential role for the correct functioning of the foot. Their individual form allows for the effective functioning

of the remaining segments of the foot. In cases where a heavy load is present the toes adhere to the ground, and their strong adherence while walking relieves weight from the anterior bones of the metatarsus.

The foot of a small child has an abundant layer of fat and lacks the arches of the sole. The arches develop in the 3rd or 4th year. The most important period for the formation of the foot is the pre-school period and the early school years. At the age of 6-7, the longitudinal and transverse arches become clearly visible. At the age of 12-14, the foot acquires a form similar to that of an adult, and the final formation of the bones is complete by around the 18th year [4, 5].

The human foot, even more than the other sections of the organ of motion, is susceptible to various types of influence from environmental factors, which cause many deviations from its correct structure. Apart from genetic factors and diseases, numerous environmental stimuli can affect the foot's growth and its efficiency in constructive or destructive ways. One of the external factors is the weight of the body. The type of surface with which the foot comes into contact has some significance, as does the quality and type of shoe, the type of activities undertaken and the weight that the feet must bear. Other factors that cause changes in the region of the foot are: diseases of the circulatory system, inflammations, diseases of the bones, incorrect footwear (often connected to fashion), lack of attention to the hygiene and protection of the legs, pregnancy [4, 6, 7, 8, 9].

One of the main factors with an impact on the arches of the foot is physical activity, which shapes the developmental processes of children and young people to a significant degree [10]. The specifics of a movement performed, its duration and the intensity of effort all carry significance. Individual sporting disciplines have different levels of impact on the morphological structure and active efficiency of the foot. The state of the feet of sportsmen depends significantly on the type of effort and the weight of the load carried, which differs in different disciplines, and depends on the type of surface on which training and competition are conducted. The sportsman's ability to move depends to a significant degree on the efficacy of the feet. The morphology of the feet and its relation to risk factors in sport, as well as trauma, are the subject of interest of numerous researchers [1, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

The aim of this study was to analyze the state of the foot-arches of competitors training in the fields of athletics, handball, volleyball and taekwon-do, and to show any differences in the arches of the foot contingent on the discipline of the athlete.

Material and methods

Observation of a group of 46 student-competitors at the sports club of the Academic Sporting Union (AZS) of the Faculty of Physical Education and Sport in Białą Podlaska, training in the field of athletics (LA n=9), handball (PR n=16), volleyball (PS n=12), and taekwon-do (T n=9). The competitors had trained for at least five years and were training at an intensity of 1.5 hours, five or six times per week.

In order to examine the state of the arches a computer podoscope from the firm Posmed was used [22]. This is a non-interventional measurement and diagnostic device consisting of a podoscope with a camera connected to a computer, which registers photographs of the sole of the foot, and a computer program which allows for analysis of the parameters of the foot. The person under investigation took up a relaxed standing position, barefoot, with the weight of his or her own body equally distributed across both feet, on a reinforced plate on an aluminium frame of a height of 0.5 m. The resulting image was sent to the computer and recorded using the computer program EIPodo, version 2.1 from the firm Posmed [23]. The shape of the

arch and the positioning of the toes were determined by means of anthropometrical points marked on the foot, and visible on the recorded image. The plantograms were assessed using Wejsflog's method [24], calculating the indicator 'Ww' from the following example (Fig. 1):

$$Ww = (xx'/yy') \times 100$$

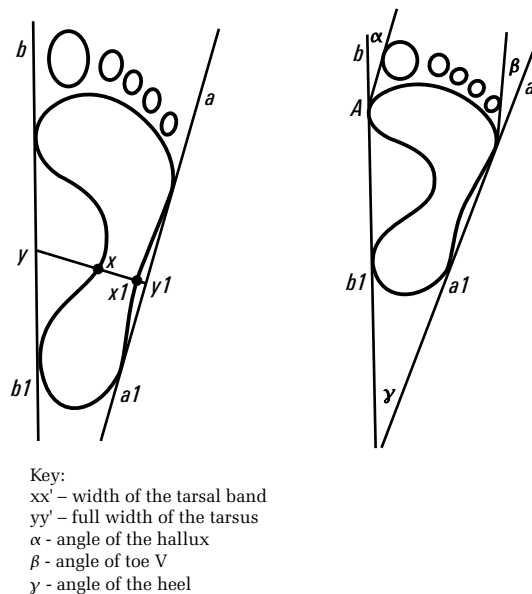


Figure 1. Criteria of assessment of the arches of the foot on the basis of plantograms, analysed using Wejsflog's indicator

Based on Wejsflog's system, taken from Zeyland-Malawka [25], it was assumed that the value given by the indicator of the arch, defining the width of the tarsal band as a percentage, can be used to classify the feet as follows: 0-27 hollow foot; 28-38 correctly arched foot; 39-50 first degree flat foot; 51-66 second degree flat foot; 67-100 third degree flat foot; over 100 fourth degree flat foot.

In the study, the angles of the foot were also analyzed: the position of the big toe (hallux) (angle α), the position of the fifth toe (angle β), the position of the heel (angle γ). On the basis of Wejsflog's indications [24] the following guidelines were used: 0°-9° as the norm for the angle of the valgus of the big toe and the varus of the fifth toe; 15°-18° as the norm for the angle of the heel.

Measurements were taken in the morning.

Additionally, measurements of the height and weight of the body were taken, using an electronic scale with a height-measurement function accurate to 0.5 cm (height) and 0,1 kg (weight). These measurements served to calculate BMI, which served to indicate the proportion of weight to height among the people in the research sample.

The information obtained was processed statistically, taking into account the differences between the right and left feet. The following basic statistical measures were applied to the material collected by the researcher: the arithmetical mean (\bar{x}), standard deviation (SD), standard error (SE), the spread of features analyzed (min-max) and the frequency with which they occurred (%). With the aim of ascertaining the statistical significance of the difference, the t-Student test was used. The level of statistical significance of the difference was taken to be <0.05 [26]. For the statistical analyses the program Excel from the Microsoft Office for Windows package was used.

Results

The average values for the height of the body, the weight of the body and BMI, obtained for the competitors in the fields of athletics, handball, volleyball and taekwon-do, are shown in Figure 2.

The dimensions of the body of the students under scrutiny ranged from 169.0 cm to 203.0 cm (height) and 68.0 kg to 105.2 kg (weight). The values of the BMI indicator were within the range 18.8-32.1. A BMI value falling between 20 and 25 kg per m², and therefore the normal proportion of weight to height, was observed in 34 students (73.91%), i.e. in all athletics competitors, 43.8% of the handball players, 83,3% of the volleyball players, and 88.9% of the taekwon-do competitors. A greater body mass quota (BMI 25-30) was observed in the case of 11 students (23,91%), i.e. in 50% of the handball players, 15.38% of the volleyball players and in one taekwon-do competitor. In the case of one handball player (2.17%), the BMI quota was above 30 kg/m².

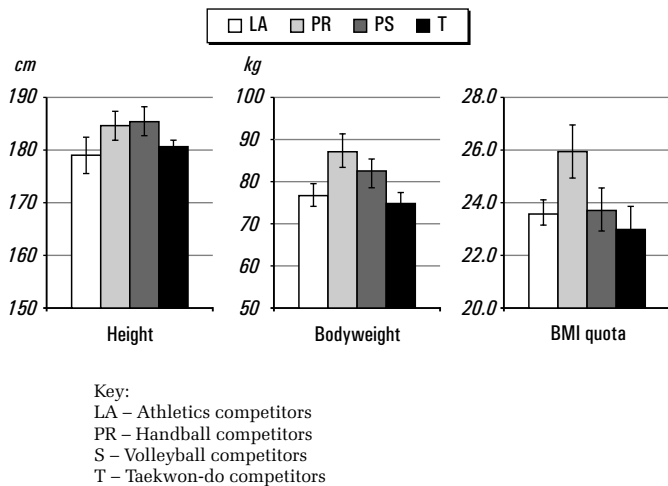


Figure 2. Average values for height, bodyweight, and BMI quota for competitors in different sporting disciplines

The differences observed in height and bodyweight, and in the BMI quotas obtained were statistically insignificant.

The average values of the indicator Ww were grouped around 40.54 for the left foot and 35.29 for the right foot. The highest values of the Wejsflog's indicator were recorded in the case of a handball player: 43.08 for the left foot and 39.88 for the right foot. The lowest values were recorded in the case of a taekwon-do competitor, namely 33.84 for the left foot and 39.88 for the right foot (Fig. 3).

Analysis of the arches of the foot according to Wejsflog's indicator showed a variation in the arches depending on which foot was observed, right or left, but did not show variation between the groups. Higher values were established in the case of the left than the right foot for athletes of each discipline

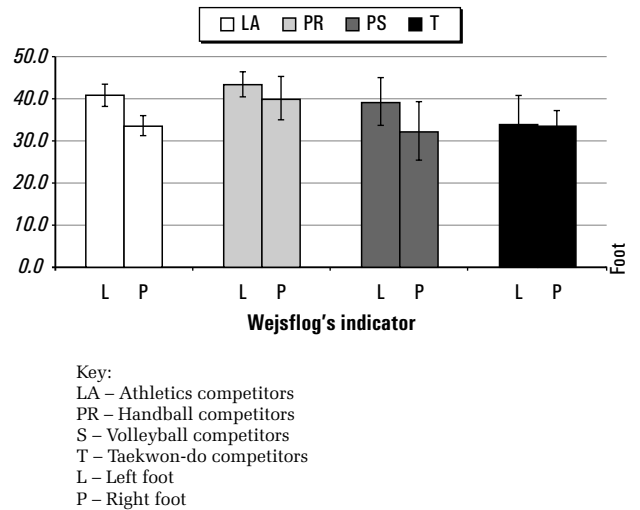


Figure 3. Average values of the Wejsflog's indicator (Ww) amongst the sample of competitors

Taking into account the assessment criteria of the Wejsflog's indicator (Ww), alongside Zeyland-Malawka's adjustments [23] it was established that approximately 30% of those analyzed had the normal foot arch. This situation was observed most frequently in relation to taekwon-do competitors (44.4% of left feet and 56.4% of right feet), noticeably less frequently amongst handball players (37.5% and 25% respectively), and least frequently amongst athletics competitors (11.1% and 22.2% respectively). An insignificant lowering of the longitudinal arches of the feet, described as first degree flat footedness, appeared in the case of more than a quarter of competitors, most commonly amongst athletics competitors and volleyball players. Second degree flat-footedness was observed in one in five of the competitors, primarily those training in handball. High arches, leading to hollow feet were found in the case of approximately 25% of the competitors. The greatest number with this shape of foot was found amongst volleyball players, athletics competitors and taekwon-do competitors, and it was found to be more common in the right foot than the left (Fig. 4).

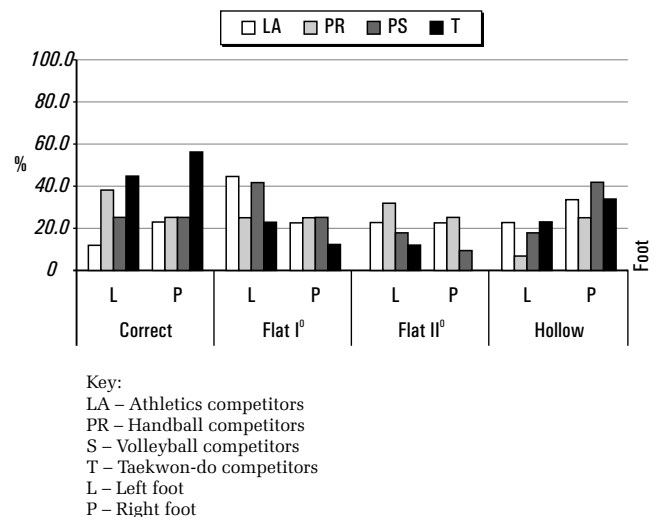


Figure 4. The typical arch of the foot amongst the sample of competitors according to Wejsflog's indicator

In a general assessment of the arches of the foot the angle measurements were also taken, describing the position of the big toe (hallux) (angle α), the position of the fifth toe (angle β), the position of the heel (angle γ).

The average values for the angle α found amongst the majority of competitors showed a correct positioning of the big toe – within the range 0° to 9° , with the exception of the left feet of handball players, with a variation of 13.9° to 13.3° , and athletics competitors, with a variation of 8.5° to 10.0° .

Angle β , referring to the position of toe V, showed average values above 15 degrees, indicating a valgus position of the smallest toe, with the exception of the left feet of taekwon-do competitors, whose average value remained below 10 degrees.

The most stable was the angle of the position of the heel (angle γ), with average values falling between 15° and 18° , defined as the correct position of the back of the foot (Fig. 5).

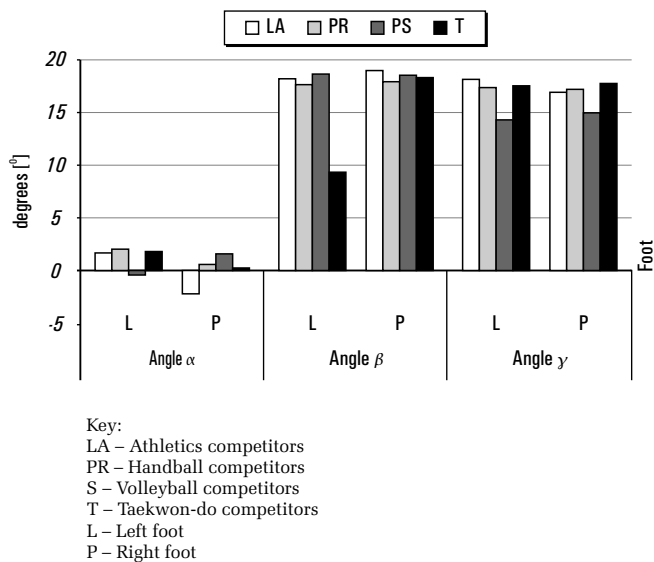


Figure 5. Average values for angle α – the position of the hallux, angle β – the position of toe V and angle γ – the position of the heel in competitors of different sporting disciplines

A more detailed analysis of the state of the arches of the foot amongst competitors of the chosen sporting disciplines showed that approximately 70% of the sample had an abnormal foot-arch. Flattening of the longitudinal arches occurred more frequently in the left foot amongst practitioners of athletics and handball, whereas hollow feet were found in the case of the right foot, particularly amongst volleyball players.

An incorrect positioning of the big toe was noted in nearly 50% of the sample of competitors. Most frequently a varus positioning was found, i.e. amongst 61% of athletics competitors, 36% of handball players, 51% of volleyball players and 33% of taekwon-do competitors. Amongst all those examined this abnormal positioning was observed more frequently in the right foot. A valgus positioning of the big toe was found in the case of less than 10% of the sample (Fig. 6).

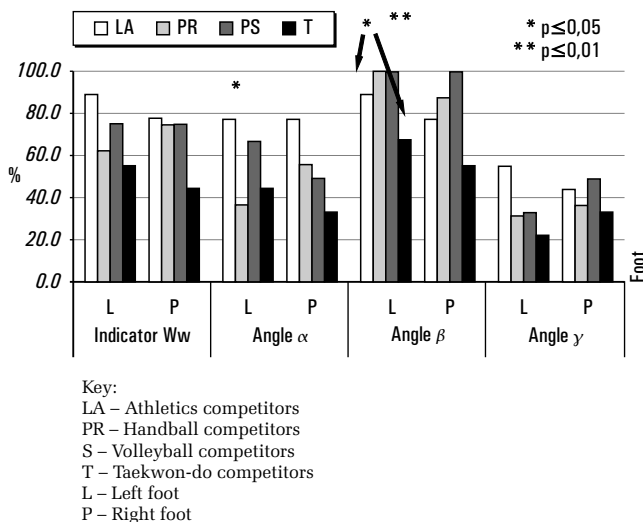


Figure 6. Abnormal foot-arches according to Wejsflog's indicator, and the position of the hallux – angle α , toe V – angle β and the heel – angle γ of the sample of competitors

The angle of the position of toe V amongst the majority of the competitors (93% of right feet and 85% of left feet) exceeded the upper limit of the norm (9°), which is evidence of a valgus positioning. A varus positioning of the smallest toe was found only in the case of the left feet of handball players (12.5%) and taekwon-do players (11.1%).

Abnormal positioning of the heel bone was noted in the case of approximately 50% of the athletics competitors, 35% of the handball players, 42% of the volleyball players and 27% of the taekwon-do competitors. Abnormal positioning at the back of the foot applied more commonly to the right foot.

The abnormality observed in the construction of the feet of competitors in the selected sporting disciplines was statistically significant only in the case of left feet and in relation to the position of toe V and the big toe (hallux).

Analysis of the foot-arches using the Wejsflog's method showed the frequent occurrence of abnormalities in the shape of the longitudinal arches, the position of the big toe, toe V and the heel. Using the criteria set out by Zeyland-Malawka it is necessary to stress that a decisive majority of the competitors being assessed had an abnormal foot shape, slightly more frequently found in the left foot (76%) than the right (71.7%). Moreover, a considerable asymmetry in the arches between the right and left foot became evident.

Discussion

A review of academic findings thus far shows that the subject of the formation of the sole amongst sportsmen has been researched most frequently in relation to martial arts [1, 14, 15, 19, 20, 21], athletics competitors [7, 11, 27] and basketball players [17]. Moreover, the results obtained by past research projects are often incomparable, because they employ different methods or measurement techniques. As a result of this, all information relating to the issues investigated in this study is valuable, complementing publications on the subject of the foot-arches of sportsmen.

The researcher's own investigations based on analysis of the foot-arches using Wejsflog's method show the frequent occurrence of abnormalities in the arches of the foot. A decisive majority of sportsmen have abnormally shaped feet and this is slightly more frequent in the left (76%) than the right foot

(71.7%). Moreover, the analysis showed an insignificant asymmetry between the right and left feet in relation to the foot-arches.

Research on the variability of foot-arches amongst practitioners of different sporting disciplines has already been carried out by Niżankowski and Wanke [12]. The results of investigations taking into account sporting disciplines like boxing, swimming, volleyball, basketball and ballet showed that the worst longitudinal arches were found amongst boxers and swimmers, and the best amongst basketball players and professional ballet dancers. Socha [13], in her turn, observed high values for the Clarke's angle amongst swimmers, and a greater tendency towards hollow feet than amongst other sportsmen. Nadolska-Ćwikła [16], analyzing the foot-arches of boys in sports teams, stated that the best values for the Clarke's angle were found in swimmers, then basketball players and volleyball players. The author observed the best formation of the transverse arch amongst volleyball players, and the worst amongst swimmers.

Kuraś [11] assessed the changes in the foot-arches of athletics practitioners and stated that amongst middle- and long-distance athletes, it is possible to observe a lowering of values of the Clarke's angle, connected to the effort of training. Stawczyk [27] claimed that the jump foot of long-jumpers and high-jumpers shows a lowering of the arch in contrast with the opposite foot. Investigations into the foot-arches of young practitioners of athletics (16-17 year-olds) (based on Clarke's angle and the Godunow-Sztriter's indicator) carried out by Gradek et al. [7] showed that in spite of several years training, a lowering of the longitudinal arch was observed in only rare cases. In the light of assessments of the position of the heel bone and length-breadth indicators, the majority of long-jumpers had a normal transverse arch, whereas high jumpers most commonly had a raised foot-arch.

The author's own research, carried out amongst competitors in the sporting disciplines analyzed showed that the taekwon-do competitors typically had the best foot-arches. Systematic training on a soft surface (mat) certainly has a beneficial effect on the foot-arches, as evidenced by research on martial arts competitors conducted by other authors.

Plantographic investigations on the world's best wrestlers conducted by Ślężyński and Dębska [14] using Clarke's angle showed that the people under scrutiny typically had a high longitudinal arch. Furthermore, the authors demonstrated that the average values for the angle of the heel and for the valgus hallux are considerably higher than the norm in certain weight categories, which is linked to the greater than average width of the foot. Nadolska-Ćwikła [15], conducting research on wrestlers of the Polish national team, also demonstrated that the feet of the wrestlers under investigation typically showed a good arch (based on assessment of the Clarke's angle) with a low percentage of subjects with a clear case of flatfoot. The normal morphological construction of the longitudinal arch of martial arts practitioners (based on the measurements and assessment of the height of five longitudinal arches) support the results published by Demczuk-Włodarczyk and Bieć [1]. Investigations of the intensity with which particular structures adhere to the floor, and the size of the angle of the big toe, showed, however, a disorder of the anterior segments of the foot – the transverse arch and the front load-bearing zone. In the group of Judo competitors investigated by Boguszevska [19], the longitudinal arch (based on the Clarke's angle) and the transverse arch (based on the designated angle of the heel), measured in a load-bearing situation, fell within the boundaries of the norm, which is evidence of a normal arch. Significant differences between the arches of left and right feet were not found. A similar observation was made by Andrzejewska et al. [20]. Analyzing the morphological construction of the feet of judo competitors, based on

the Clarke's angle, the authors showed that the competitors typically showed a normal longitudinal arch, although they observed slightly worse results for the heavyweight group, leading the authors to the conclusion that the greater pressure resulting from a greater body weight flattens the longitudinal arches of the foot. Selected measurements of the construction of the feet of karate competitors, using the Wejsflog's indicator and the Clarke's angle, were also assessed by Trocińska [21]. The results of the investigation showed that the majority of the people under scrutiny had a normal longitudinal arch, although this was more common in men than in women. The author also observed a minor asymmetry in the construction of the arches of the right and left foot.

Conclusions

- The feet of the sample of competitors typically showed an abnormal shape in both the longitudinal and transverse arches.
- Amongst the competitors under scrutiny, the practitioners of taekwon-do had the best arches, whereas the practitioners of athletics had the worst.
- Differences in the arches of the right and left feet are the result not only of dynamic and functional asymmetry, but also of considerable, often one-sided loads, linked to a particular sporting discipline. The above fact shows the necessity of devoting greater attention to exercises that strengthen the short muscles of the foot and the muscles of the calf during the training process.

Literature

1. Demczuk-Włodarczyk E., Bieć E. (2002). The morphological construction of the feet of martial arts competitors. *Fizjoterapia* 3-4, 37-42. [in Polish]
2. Dziak A. (1973). *The Anatomy of the Foot*. Chorzów: PWSZ. [in Polish]
3. Bochenek A., Reicher M. (1990). *Human Anatomy*. vol. I. Warszawa: PZWL. [in Polish]
4. Demczuk-Włodarczyk E. (2003). *The Construction of the Human Foot in The Period of Progressive Development*. Wrocław: AWF. [in Polish]
5. Kutzner-Kozińska M. (2008). *The Process of Correcting Faults of Posture*. Warszawa: AWF. [in Polish]
6. Malina H. (1996). *Faults of the Lower Limbs. Corrective Procedures*. Kraków: Firma Handlowo-Usługowa Kasper. [in Polish]
7. Gradek J., Młeczko M., Bora P. (2004). The arches of the foot in young athletes. *Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne* 67, 11-14. [in Polish]
8. Villaroya M.A., Esquivel J.M., Toma's C., Buenafe A., Moreno L. (2007). Foot structure in overweight and obese children. *International Journal of Pediatric Obesity* 17, 1-7.
9. Mikołajczyk E., Jankowicz-Szymańska J. (2010). The influence of weight gain on the arches of the foot and the formation of the limbs in seven-year-olds. *Fizjoterapia* 18(2), 10-20. [in Polish]
10. Furgal W., Adamczyk A. (2008). The formation of the arches of the foot in children dependent on the level of physical activity. *Medycyna sportowa* 5(6), Vol. 24, 311-317. [in Polish]
11. Kuraś Z. (1958). A functional investigation of the foot in middle- and long-distance athletes from Academic Sports Association in Warsaw. *Kultura Fizyczna* 8, 567-574. [in Polish]

12. Niżankowski Cz., Wanke A. (1967). Variation in the arches of the foot of competitors in selected sporting disciplines. *Rozprawy Naukowe WSWF Wrocław* 14, 209-215. [in Polish]
13. Socha O. (1970). The construction and function of the feet of swimmers and non-swimmers. *Rozprawy Naukowe WSWF Wrocław* 8, 61-88. [in Polish]
14. Ślężyński J., Dębska H. (1977). Plantographic research on the world's top wrestlers. *Wychowanie Fizyczne i Sport* 1, 75-84. [in Polish]
15. Nadolska-Ćwikła I. (1998). The arches of the foot amongst wrestlers and the effects of training. In D. Umiastowska (Ed.), *Physical activity at different ages*. III Scientific Conference, 4-5 January 1997. Scientific Materials no 3 (pp. 43-46). Szczecin: Wydawnictwo Promocyjne Albatros. [in Polish]
16. Nadolska-Ćwikła I. (2000). The assessment of the foot-arches of fifteen-year-old boys participant and non-participant in sport. In D. Umiastowska (Ed.), *Physical activity at different ages*. 2-3 January 1999. Scientific Materials no 5 (pp. 284-289). Szczecin: Wydawnictwo Promocyjne Albatros. [in Polish]
17. Aydog S.T., Demirel H.A., Tetik O., Aydog E., Hascelik Z., Doral M.N. (2004). The sole arch indices of adolescent basketball players. *Saudi Medical Journal* 25(8), 1100-2.
18. Cain L.E., Nickolson L.L., Adams R.D. (2007). Foot morphology and foot/ankle injury indoor football. *Journal of Science and Medicine in Sport* 10, 311-319.
19. Boguszewska K. (2008). Assessment of the foot-arches of judo competitors of the Academic Sports Association of the University of Physical Education, Warsaw. *Zeszyty Metodyczno-Naukowe AWF w Katowicach* 25, 255-262. [in Polish]
20. Andrzejewska J., Burdukiewicz A., Chromik K., Pietraszewska J., Stachoń A. (2010). Morphological structure and characteristics of judo contestants' feet. *Acta bio-Optica et Informatica Medica* 1(16), 21-24.
21. Trocińska A. (2009). The characteristics of selected aspects of the construction of the foot in women and men doing judo. In B. Marecki (Ed.), *Sport and tourism in present life style* (pp. 89-95). Poznań: Wydawnictwo AWF w Poznaniu. [in Polish]
22. <https://www.posmed.com.pl>
23. Śliwa W., Chromik K. (2005). *Faults in body posture and their assessment – training material*. Legnica: Wydawnictwo Edytor. [in Polish]
24. Wejsflog G. (1955). Plantoconturographics. *Tygodnik Lekarski* 10(15), 1670-1677. [in Polish]
25. Zeyland-Malawka E. (1999). *Corrective Exercises*. Gdańsk: AWF. [in Polish]
26. Stupnicki R. (2000). *Biometrics: a Brief Outline*. Warszawa: Wydawnictwo MARGOS. [in Polish]
27. Stawczyk Z. (1965). Attainable jumps and the arches of the foot. *Roczniki Naukowe WSWF Poznań* 10, 229-240. [in Polish]

Submitted: April 4, 2013

Accepted: June 7, 2013

WYSKLEPIENIE STÓP ZAWODNIKÓW WYBRANYCH DYSCYPLIN SPORTOWYCH

MAŁGORZATA LICHOTA¹, MAGDALENA PLANDOWSKA², PATRYCJUSZ MIL³

*Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie,
Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu w Białej Podlaskiej, Katedra Wychowania Fizycznego,
¹Zakład Korektywy i Kompensacji, ²Zakład Teorii i Metodyki Wychowania Fizycznego,
³Wodne Centrum Zabawy „Aquatic Fun”, Warszawa*

Adres do korespondencji: Małgorzata Lichota, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu,
ul. Akademicka 2, 21-500 Biała Podlaska, tel.: 83 3428752, fax: 83 3428800,
e-mail: malgorzata.lichota@awf-bp.edu.pl

Streszczenie

Wprowadzenie. Stopa ludzka stanowi ważne i specyficzne statyczno-dynamiczne ogniwo aparatu ruchu. Wśród wielu czynników wpływających na wysklepienie stopy jest aktywność fizyczna, a poszczególne dyscypliny sportu w różnym stopniu oddziałują na budowę morfologiczną i wydolność czynnościową stopy. Celem pracy była ocena wysklepienia stóp zawodników trenujących lekkoatletykę, piłkę ręczną, siatkówkę i taekwon-do oraz ukazanie różnic w wysklepieniu stóp w zależności od uprawianej dyscypliny. **Materiał i metody.** Obserwacjami objęto grupę 46 studentów-zawodników klubu sportowego AZS AWF Biała Podlaska – sekcji piłki ręcznej, siatkówki, lekkoatletyki oraz taekwon-do. W opisie plantogramów, sporządzonych przy pomocy podoskopu, analizowano: wskaźnik Wejsfloga (Ww), ustawienie palucha – kąt α , ustawienie palca V – kąt β , ustawienie pięty – kąt γ . **Wyniki.** Wartości wskaźnika Wejsfloga wskazują na występowanie asymetrii w wysklepieniu pomiędzy prawą i lewą stopą. Przyczyną takiego stanu, według Demczuk-Włodarczyk i Bieć [1], może być rodzaj podłoża, na którym przeprowadzany jest trening. Autorki wykazały mniejszą częstość występowania spłaszczenia łuków stóp u zawodników taekwon-do trenujących na ogół na elastycznej macie, co potwierdzają uzyskane wyniki badań zawodników AZS AWF Biała Podlaska. **Wnioski.** Występowanie nieprawidłowego przebiegu łuków tworzących sklepienie stopy oraz asymetrii w wysklepieniu pomiędzy lewą i prawą stopą badanych wskazuje na potrzebę zwrócenia większej uwagi w procesie treningowym na ćwiczenia wzmacniające mięśnie krótkie stopy oraz mięśnie podudzia o charakterze kompensacyjnym, wyrównującym często jednostronne obciążenie.

Słowa kluczowe: wysklepienie stóp, wskaźnik Wejsfloga, sport, BMI

Wstęp

Stopa ludzka stanowi ważne i specyficzne statyczno-dynamiczne ogniwo aparatu ruchu. Z jednej strony jest elementem podporowym i w warunkach statyki umożliwia zrównoważenie ciała w położeniu przestrzennym, jest jedną z najaktywniejszych części ciała człowieka i częściej niż inne poddawana jest nadmiernemu obciążeniu, przez dźwiganie ciężaru ciała, (często dodatkowego), który człowiek utrzymuje lub przenosi. Z drugiej zaś strony, stopa odgrywa ważną rolę w mechanice chodu, będąc elementem postawy stanowiącym bezpośrednie jej połączenie z podłożem w pozycji stojącej oraz w ruchach lokomocyjnych. Odpowiada także za amortyzację, chroniąc (w warunkach lokomocji) kręgosłup i czaszkę przed mikrowstrząsami [2].

W budowie stopy wyróżnić można trzy odcinki: tylny – kości stępu, środkowy – kości śródstopia i przedni – kości palców. W skład stępu wchodzi siedem kości: skokowa, piętowa, szścienna, trzy klinowate (przyśrodkowa, pośrednia, boczna) i łódkowata. Śródstopie składa się z pięciu kości długich, niewielkich rozmiarów, a na każdej z nich wyróżnić możemy podstavę (zwróconą do kości stępu), trzon i głowę (z powierzchnią stawową dla bliższego paliczka) [3].

Stopa posiada swoistą architekturę zewnętrzną i wewnętrzną, zapewniającą możliwość utrzymania masy całego ciała oraz pełnienie funkcji mechanizmu napędowego. Architekturę ze-

wnętrzną tworzy system łuków podłużnych (przyśrodkowy i boczny) i poprzecznych (przedni – obwodowy oraz tylny), które są jakby resorami rozciągającymi się pod wpływem obciążenia i powracającymi do stanu wyjściowego dzięki swym właściwościom. Prawdłowo, ciężar ciała rozkłada się na kość piętową oraz główki I i V kości śródstopia. Kość piętowa, jako jedna z najmasywniejszych kości stępu, umocowana jest przez najsilniejsze mięśnie, zaś śródstopie stanowi najbardziej elastyczną część stopy [4, 5].

Na sprawność stopy duży wpływ mają łuki: podłużny przyśrodkowy i poprzeczny przedni, jako elementy najbardziej sprężyste-dynamiczne, natomiast łuki stopy: podłużny boczny oraz poprzeczny tylny pełnią funkcję statyczną. W ocenie wydolności stopy istotną rolę odgrywa stopień ukształtowania łuków podłużnych oraz poprzecznych. Równie istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania stopy pełnią palce. Ich właściwe ukształtowanie umożliwia sprawne działanie pozostałych segmentów stopy. W warunkach obciążenia palce przylegają do podłoża, a w czasie chodu ich silne przywarcie odciąża odpowiednie głowy kości śródstopia [2, 4].

Stopa małego dziecka posiada obfitą podściółkę tłuszczową oraz brak łuków podeszwy stopy. Wysklepienie stopy rozwija się w 3-4 roku życia. Najważniejszy okres kształtowania się stopy przypada na wiek przedszkolny i wczesny szkolny. W wieku 6-7 lat wyraźnie uwidaczniają się łuki – poprzeczny i podłużny. W wieku 12-14 lat stopa przybiera już postać prawie

dorośli, a ostateczne kostnienie kończy się około 18 roku życia [4, 5].

Stopa ludzka, bardziej niż inne elementy narządu ruchu, jest narażona na różnego rodzaju wpływy czynników środowiskowych, powodujące wiele odchyśleń od prawidłowej jej budowy. Oprócz czynników genetycznych i chorobowych, na proces kształtowania się stopy i jej wydolność mogą wpływać, korzystnie lub destrukcyjnie, liczne bodźce środowiskowe. Jednym z czynników zewnętrznych jest ciężar ciała. Nie bez znaczenia jest także charakter podłoża, z którym stopa się styka, a także jakość i rodzaj obuwia, rodzaj wykonywanych czynności i obciążenia, jakie działają na stopę. Inne czynniki wywołujące zmiany w obrębie stopy to: schorzenia układu krwionośnego, stany zapalne, zmiany chorobowe w kośćcu, nieprawidłowe obuwie (związane bardzo często z modą), nieprzestrzeganie zasad higieny i ochrony nóg, ciąża [4, 6, 7, 8, 9].

Jednym z głównych czynników wpływających na wysklepienie stopy jest aktywność fizyczna, która w dużym stopniu kształtuje procesy rozwojowe dzieci i młodzieży [10]. Duże znaczenie ma specyfika wykonywanego ruchu, czas trwania i natężenie wysiłku. Poszczególne dyscypliny sportowe w różnym stopniu oddziałują na budowę morfologiczną i wydolność czynnościową stopy. Stan stóp sportowców w znacznej mierze zależy od charakteru wysiłku i obciążeń, różnych w poszczególnych dyscyplinach oraz nawierzchni, na jakiej odbywają się treningi i zawody. Od wydolności stóp w dużej mierze zależą możliwości ruchowe sportowców. Morfologia stopy i jej związki z czynnikami ryzyka w sporcie oraz urazowością są przedmiotem zainteresowań wielu badaczy [1, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

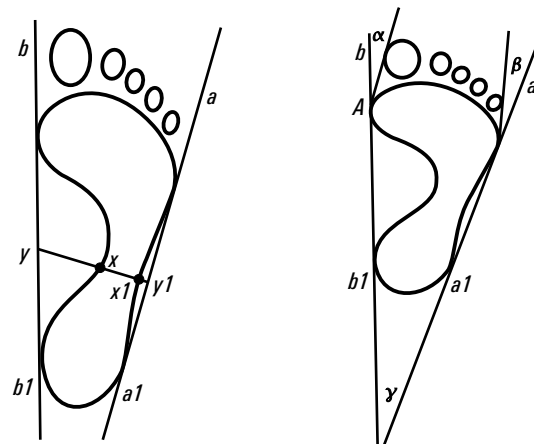
Celem pracy była analiza stanu wysklepienia stóp zawodników trenujących lekkoatletykę, piłkę ręczną, siatkówkę i taekwon-do oraz ukazanie różnic w wysklepieniu stóp w zależności od uprawianej dyscypliny.

Materiał i metody

Badaniami objęto studentów Wydziału Wychowania Fizycznego i Sportu w wieku 20-24 lat, będących zawodnikami studenckiego klubu sportowego AZS AWF Biała Podlaska, trenujących: lekkoatletykę (LA n=9), piłkę ręczną (PR n=16), piłkę siatkową (PS n=12) i taekwon-do (T n=9). Staż treningowy zawodników wynosił nie mniej niż 5 lat, a obciążenie tygodniowe to wysiłek 1,5-godzinny 5-6 razy w tygodniu.

Do badania stanu wysklepienia stóp wykorzystano system podoskopu komputerowego firmy Posmed [22]. Jest to nieinwazyjne urządzenie pomiarowo-diagnostyczne, składające się z podoskopu wyposażonego w kamerę podłączoną do komputera, rejestrującą zdjęcie podeszwy stopy oraz programu komputerowego pozwalającego na analizę parametrów stopy. Osoba badana przyjmowała swobodną pozycję stojącą, boso przy równomiernym obciążeniu stóp ciężarem własnego ciała, na płycie umocowanej na aluminiowym szkielecie o wysokości 0,5 m. Obraz przekazywany był do komputera i zapisywany w bazie programu komputerowego EIPodo wersja 2.1 firmy Posmed [23]. Na podstawie wyznaczonych na stopie punktów antropometrycznych, na zapisanym obrazie, określono ukształtowanie wysklepień i ułożenie palców stóp. Sporządzone planogramy stóp oceniono zgodnie z metodą Wejsfloga [24], wyliczając wskaźnik „Ww” ze wzoru (Ryc. 1):

$$Ww = (xx'/yy') \times 100$$



Legenda:
 xx' – szerokość pasma stępu
 yy' – szerokość całego stępu
 α - kąt ustawienia palucha
 β - kąt ustawienia palca V
 γ - kąt ustawienia pięt

Rycina 1. Kryteria oceny wysklepienia stóp na podstawie planogramów opracowanych według wskazań Wejsfloga

W oparciu o ustalenia Wejsfloga przyjęto – za Zeyland-Malawką [25], że wartość wskaźnika wysklepienia, określająca w odsetkach szerokość pasma stępu, klasyfikuje stopy jako: 0-27 stopę wydrążoną; 28-38 stopę prawidłowo wysklepioną; 39-50 stopę płaską I°; 51-66 stopę płaską II°; 67-100 stopę płaską III°; powyżej 100 stopę płaską IV°.

W pracy analizowano także parametry kątowe stóp: ustawienie palucha (kąt α), ustawienie palca V (kąt β), ustawienie pięty (kąt γ). Na podstawie wskazań Wejsfloga [24] przyjęto wartości: 0°-9° norma dla kąta koślawości palucha i szpotawości palca V; 15°-18° norma dla kąta piętowego.

Pomiary przeprowadzono w godzinach przedpołudniowych.

Dodatkowo wykonano pomiar wysokości i masy ciała z wykorzystaniem wagi elektronicznej ze wzrostomierzem z dokładnością do 0,5 cm (wysokość ciała) i 0,1 kg (masa ciała). Powyższe parametry posłużyły do obliczenia wielkości wskaźnika BMI charakteryzującego proporcje wagowo-wzrostowe badanych.

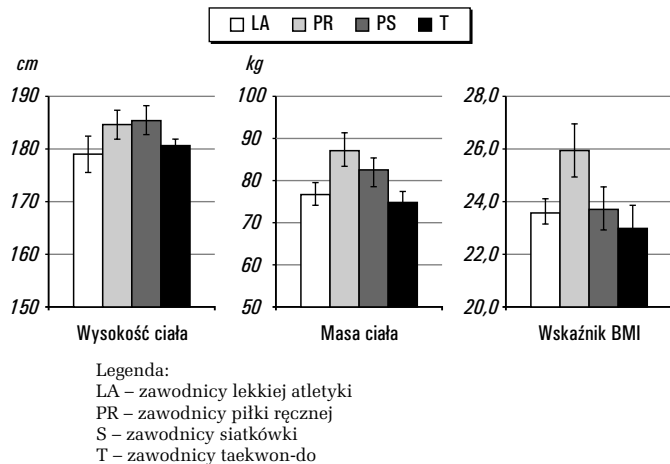
Zgromadzony materiał został opracowany statystycznie, uwzględniając podział na stopy prawe i lewe. W charakterystyce materiału badawczego zastosowano podstawowe miary statystyki opisowej: średnia arytmetyczna (\bar{x}), odchylenie standardowe (SD), błąd standardowy średniej (SE), rozstęp analizowanych cech (min-max) oraz częstość występowania (%). W celu stwierdzenia istotności statystycznej różnic przeprowadzono test t-Studenta. Przyjęto poziom istotności różnic przy $p < 0,05$ [26]. Do obliczeń statystycznych użyto programu Excel z pakietu Microsoft Office dla Windows.

Wyniki

Przeciętne wartości wysokości ciała, masy ciała i wskaźnika BMI wyznaczone dla zawodników lekkiej atletyki, piłki ręcznej, piłki siatkowej i taekwon-do przedstawia Rycina 2.

Wymiary ciała badanych studentów kształtowały się na poziomie 169,0-203,0 cm (wysokość ciała) i 68,0-105,2 kg (masa ciała). Wartości wskaźnika BMI utrzymywały się w granicach

18,8-32,1. Wielkość BMI w przedziale między 20-25 kg/m², charakteryzującą prawidłowe proporcje wagowo-wzrostowe, zaobserwowano u 34 studentów (73,91%), tj. u wszystkich lekkoatletów, 43,8% piłkarzy ręcznych, 83,3% siatkarzy i 88,9% zawodników taekwon-do. Większy udział masy ciała (BMI 25-30) wystąpił w przypadku 11 zawodników (23,91%), w tym: u 50% piłkarzy ręcznych, 15,38% siatkarzy i jednego zawodnika taekwon-do. U jednego piłkarza ręcznego (2,17%) wielkość BMI wynosiła powyżej 30 kg/m².

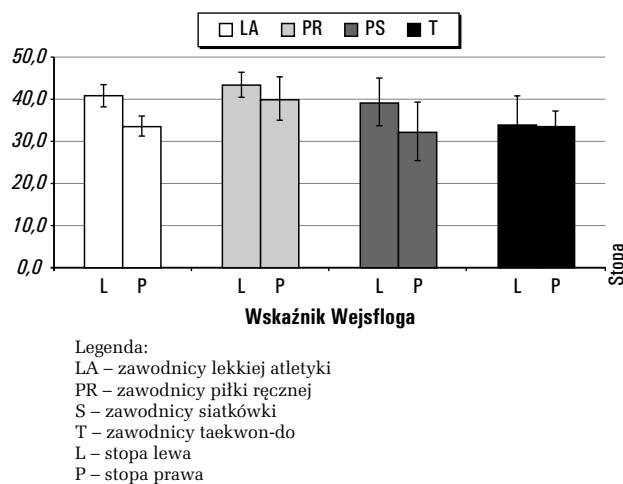


Rycina 2. Średnie wartości wysokości i masy ciała oraz wskaźnika BMI zawodników wybranych dyscyplin sportowych

Zaobserwowane różnice w wysokości i masie ciała oraz wskaźnika BMI były statystycznie nieistotne.

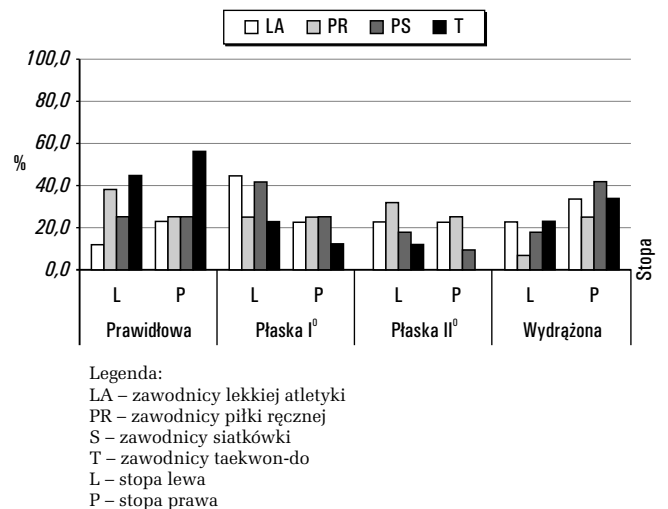
Przeciętne wartości wskaźnika Ww utrzymywały się na poziomie około 40,54 w przypadku stopy lewej i 35,29 stopy prawej. Najwyższe wartości wskaźnika Wejsfloga zanotowano u zawodników trenujących piłkę ręczną 43,08 w stopie lewej i 39,88 w stopie prawej, zaś najniższe u taekwondeków odpowiednio 33,84 i 33,18 (Ryc. 3).

Analiza wysklepienia stóp według wskaźnika Wejsfloga (Ww) wskazała na zróżnicowanie w wysklepieniu pomiędzy stopą lewą i prawą, natomiast nie wykazała różnic międzygrupowych. Wyższe wartości tego parametru u zawodników każdej dyscypliny stwierdzono w przypadku stopy lewej niż stopy prawej.



Rycina 3. Średnie wartości wskaźnika Wejsfloga (Ww) zawodników wybranych dyscyplin sportowych

Uwzględniając kryteria oceny wskaźnika Wejsfloga (Ww) z uzupełnieniami Zeyland-Malawki [23] stwierdzono, że prawidłowe wysklepienie stóp posiadało około 30% badanych zawodników. Najczęściej tą sytuację zaobserwowano u zawodników taekwon-do (44,4% stóp lewych i 56,4% stóp prawych), wyraźniej rzadziej wśród piłkarzy ręcznych, odpowiednio 37,5% oraz 25% a najrzadziej u lekkoatletów odpowiednio 11,1% stóp lewych i 22,2% stóp prawych. Nieznaczne obniżenie łuków podłużnych stopy, określane jako stopa płaska I°, wystąpiło u ponad ¼ zawodników, przy czym najczęściej u lekkoatletów oraz siatkarzy. Płaskostopie II° stwierdzono u co piątego zawodnika, głównie trenującego piłkę ręczną. Wysoki przebieg łuków wysklepiających stopę, określane jako stopa wydrążona, posiadało około 25% zawodników. Najwięcej przypadków tak ukształtowanych stóp stwierdzono wśród siatkarzy, lekkoatletów i zawodników taekwon-do, przy czym sytuacja ta częściej dotyczyła stóp prawych niż lewych (Ryc. 4).



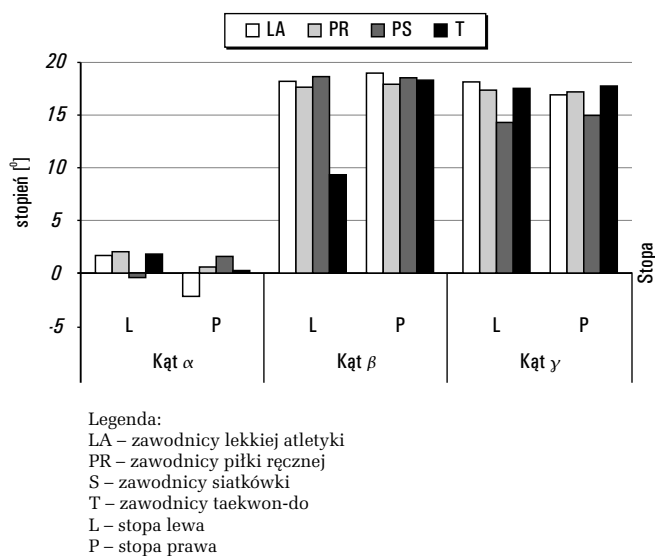
Rycina 4. Charakterystyka wysklepienia stóp według wskaźnika Wejsfloga badanych zawodników

W globalnej ocenie wysklepienia stóp analizowano także parametry kątowe określające ustawienie palucha – kąt α , ustawienie palca małego – kąt β oraz ustawienie pięty – kąt γ .

Średnie wartości kąta α u większości zawodników wykazywały prawidłowe ustawienie palucha – w granicach 0°-9°, z wyjątkiem stóp lewych u piłkarzy ręcznych przy zróżnicowaniu od -13,9° do 13,3° oraz u lekkoatletów od -8,5° do 10,0°.

Kąt β charakteryzujący ustawienie palca V wykazywał średnie wartości powyżej 15 stopni, świadczący o koślawym ustawieniu palca małego, z wyjątkiem stóp lewych u zawodników taekwon-do, w których przeciętne wartości utrzymywały się poniżej 10 stopni.

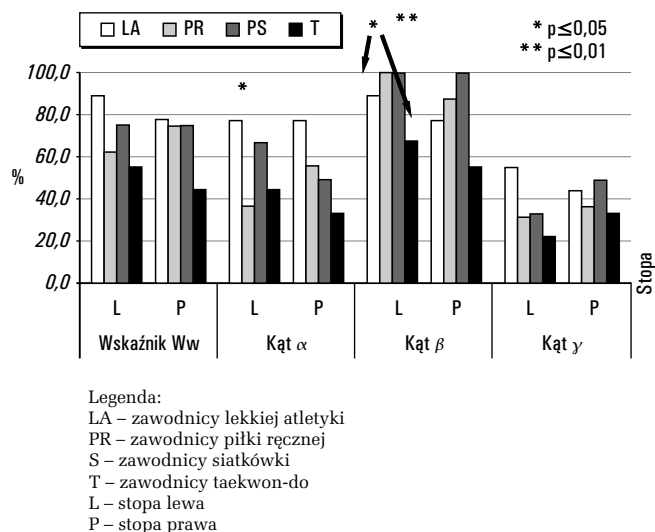
Najbardziej stabilny okazał się kąt ustawienia pięty (kąt γ), wykazujący przeciętne wartości w granicach 15°-18° określane jako prawidłowe ustawienie tyłostopia (Ryc. 5).



Rycina 5. Wartości średnie kąta α – ustawienia palucha, kąta β – ustawienia palca V i kąta γ – ustawienia pięty zawodników wybranych dyscyplin sportowych

Szczegółowa analiza stanu wysklepienia stóp zawodników wybranych dyscyplin sportowych wykazała, że nieprawidłowe wysklepienie stóp posiadało około 70% badanych. Spłaszczenie łuków podłużnych stóp częściej występowało w stopach lewych u zawodników lekkoatletyki oraz piłki ręcznej, natomiast wydrążenie stwierdzano w przypadku stóp prawych głównie wśród siatkarzy.

Nieprawidłowe ustawienie palucha zanotowano prawie u 50% badanych zawodników. Najczęściej stwierdzano jego szpotawe ustawienie, tj. u 61% lekkoatletów, 36% piłkarzy ręcznych, 51% siatkarzy oraz u 33% zawodników taekwon-do. Wśród wszystkich badanych tą nieprawidłowość częściej obserwowano w stopie prawej. Koślawe ustawienie palucha posiadało niecałe 10% zawodników (Ryc. 6).



Rycina 6. Nieprawidłowe wysklepienie stóp według wskaźnika Wejsfloga oraz ustawienie palucha – kąt α , palca V – kąt β i pięty – kąt γ badanych zawodników

Kąt ustawienia palca V u większości badanych (93% stóp prawych i 85% lewych) przekraczał górną granicę normy (9°), co świadczy o koślawym jego ustawieniu. Szpotawe ustawienie palca małego stwierdzono jedynie w przypadku stóp lewych wśród piłkarzy ręcznych (12,5%) oraz zawodników taekwon-do (11,1%).

Nieprawidłowości w ustawieniu kości piętowej zanotowano u około 50% lekkoatletów, 35% piłkarzy ręcznych, 42% siatkarzy i 27% zawodników taekwon-do. Częściej niewłaściwe ustawienie tylostopia dotyczyło stóp prawych.

Zaobserwowane nieprawidłowości w budowie stóp zawodników uprawiających wybrane dyscypliny sportowe wykazały istotność statystyczną jedynie w przypadku stóp lewych w ustawieniu palca V oraz w ustawieniu palucha.

Analiza wysklepienia stóp metodą Wejsfloga wskazała na częste występowanie nieprawidłowości w przebiegu łuków podłużnych, ustawienia palucha, palca V i pięty. Przyjmując kryteria Zeyland-Malawki należy podkreślić, że zdecydowana większość badanych sportowców ma nieprawidłowo ukształtowane stopy, nieco częściej lewe (76%) niż prawe (71,7%). Ponadto uwidoczniła się znaczna asymetria w wysklepieniu pomiędzy stopą prawa i lewą.

Dyskusja

Z przeglądu dotychczasowych doniesień naukowych wynika, że temat ukształtowania podeszwy powierzchni stóp sportowców dotyczył najczęściej zawodników sportów walki [1, 14, 15, 19, 20, 21], lekkoatletów [7, 11, 27] oraz koszykarzy [17]. Ponadto uzyskiwane dotychczas wyniki badań są często nieporównywalne ze względu na zastosowanie odmiennych metod czy technik pomiarowych. W związku z tym każde doniesienie dotyczące podjętej w niniejszej pracy problematyki stanowi cenne źródło wiedzy uzupełniającej publikacje na temat wysklepienia stóp zawodników.

Badania własne oparte na analizie wysklepienia metodą Wejsfloga wykazały częste występowanie nieprawidłowości w wysklepieniu stóp, zdecydowana większość badanych sportowców ma nieprawidłowo ukształtowane stopy, nieco częściej lewe (76%) niż prawe (71,7%). Ponadto analiza pokazała nieznaczną asymetrię w wysklepieniu pomiędzy stopą prawa i lewą.

Badania nad zmiennością wysklepienia stopy u zawodników uprawiających różne dyscypliny sportu prowadzili Niżankowski i Wanke [12]. Wyniki badań uwzględniających takie dyscypliny sportowe jak: boks, pływanie, siatkówka, koszykówka oraz balet pokazały, że najgorsze wysklepienie podłużne mają bokserzy i pływacy, a najlepsze koszykarze i osoby uprawiające wyczynowo balet. Z kolei Socha [13] zaobserwowała u pływaków wyższe wartości kąta Clarke'a i większą tendencję do stóp wydrążonych niż u osób uprawiających inne dyscypliny sportu. Nadolska-Ćwikła [16] analizując wysklepienie stóp chłopców w zespołach sportowych stwierdziła, że najlepsze wartości kąta Clarke'a posiadali pływacy, następnie koszykarze i siatkarze. Najlepiej ukształtowane wysklepienie poprzeczne, autorka zaobserwowała u siatkarzy, najgorsze u pływaków.

Kuraś [11] oceniał zmiany w wysklepieniu stóp lekkoatletów i stwierdził, że w grupie średnio- i długodystansowców obserwuje się obniżanie się wartości kąta Clarke'a, co związane jest z wysiłkiem treningowym. Stawczyk [27] uważał, że stopa odbijająca u skoczków w dal i wżwyż wykazuje obniżenie wysklepienia w stosunku do stopy przeciwnej. Badania nad wysklepieniem stóp młodych lekkoatletek (16-17 lat) (na podstawie kąta Clarke'a i wskaźnika Godunowa-Sztritera) przeprowadzone przez Gradka i wsp. [7] wykazały, że mimo kilkuletniego stażu nie zaobserwowano – oprócz pojedynczych przypadków – obniżenia wysklepienia podłużnego. W świetle oceny ustawienia

kości piętowej i wskaźnika szerokościowo-długościowego wielkość zawodniczek skoku w dal charakteryzowało się prawidłowym wysklepieniem poprzecznym, natomiast skoczkinię w wwyż najczęściej miały podwyższone wysklepienie.

Badania własne przeprowadzone wśród zawodników analizowanych dyscyplin sportowych pokazały, że zawodnicy taekwon-do charakteryzowali się najlepszym wysklepieniem stóp. Systematyczny trening na miękkim podłożu (macie) wpływa zapewne korzystnie na odpowiednie wysklepienie stóp, co potwierdzają badania innych autorów wśród zawodników sportów walki.

Badania plantograficzne czołowych zapaśników świata przeprowadzone przez Ślężyńskiego i Dębską [14] na podstawie kąta Clarke'a wykazały, że badani charakteryzowali się wysokim podłużnym wysklepieniem stóp. Ponadto autorzy wykazali, że średnie wartości kąta piętowego i koślowości palucha są w poszczególnych kategoriach wagowych znacznie wyższe od przyjętej normy, co ma związek z większą niż przeciętnie szerokością stopy. Nadolska-Ćwikła [15] na podstawie badań zapaśników kadry narodowej Polski również wykazała, że stopy badanych zapaśników charakteryzują się dobrym wysklepieniem (przy ocenie metodą kątową Clarke'a), przy niskim procencie stóp z znacznym płaskostopiem. Prawidłową budowę morfologiczną wysklepienia podłużnego stóp zawodników trenujących sporty walki (na podstawie pomiaru i oceny wysokości pięciu łuków podłużnych) potwierdzają doniesienia opublikowane przez Demczuk-Włodarczyk i Bieć [1]. Badania intensywności przylegania poszczególnych struktur do podłoża oraz wielkości kąta ustawienia palucha wykazały jednak zaburzenia przednich segmentów stopy – wysklepienia poprzecznego i przedniej strefy nośnej. W badanej przez Boguszewską [19] grupie judoków wysklepienie stóp podłużne (na podstawie kąta Clarke'a) i poprzeczne (na podstawie wyznaczonego kąta piętowego) mierzone w obciążeniu mieściło się w granicach normy, co świadczyło o prawidłowym jej wysklepieniu. Nie stwierdzono również istotnych różnic wysklepienia stopy prawej i lewej. Podobne spostrzeżenia uzyskali Andrzejewska i wsp. [20]. Analizując budowę morfologiczną stóp zawodników uprawiających dżudo na podstawie kąta Clarke'a autorzy pokazali, że zawodnicy charakteryzują się prawidłowym jej wysklepieniem podłużnym, przy czym zaobserwowano nieznacznie gorsze parametry w obrębie grupy zawodników masywnych, dlatego autorzy sądzą, że u nich większy nacisk masy ciała spłaszcza wysklepienie podłużne stopy. Wybrane parametry budowy stóp zawodników i zawodniczek karate na podstawie wskaźnika Wejsfloga i kąta Clarke'a oceniła także Trocińska [21]. Wyniki badań wykazały, że u większości badanych osób występuje prawidłowe wysklepienie podłużne, przy czym częściej występuje ono u mężczyzn niż u kobiet. Autorka zaobserwowała również niewielką asymetrię w budowie wysklepienia prawej i lewej stopy.

Wnioski

Stopy badanych zawodników charakteryzowały się nieprawidłowym przebiegiem łuków podłużnych i poprzecznych.

Wśród badanych sportowców, zawodnicy taekwon-do posiadali najlepsze wysklepienie stóp, zaś najgorsze zawodnicy trenujący lekkoatletykę.

Różnice w wysklepieniu pomiędzy stopą lewą i prawą są wynikiem nie tylko asymetrii dynamicznej i funkcjonalnej, ale także wynikiem znaczących, często jednostronnych, obciążeń związanych z daną dyscypliną sportową. Powyższy fakt wskazuje na potrzebę zwrócenia większej uwagi w procesie treningowym na ćwiczenia wzmacniające mięśnie krótkie stopy oraz mięśnie podudzia.

Piśmiennictwo

- Demczuk-Włodarczyk E., Bieć E. (2002). Budowa morfologiczna stóp zawodników sportów walki. *Fizjoterapia* 3-4, 37-42.
- Dziak A. (1973). *Anatomia stopy*. Chorzów: PWSZ.
- Bochenek A., Reicher M. (1990). *Anatomia człowieka*. Tom I. Warszawa: PZWL.
- Demczuk-Włodarczyk E. (2003). Budowa stopy w okresie rozwoju progresywnego człowieka. Wrocław: AWF.
- Kutzner-Kozińska M. (2008). *Proces korygowania wad postawy*. Warszawa: AWF.
- Malina H. (1996). *Wady kończyn dolnych. Postępowanie korekcyjne*. Kraków: Firma Handlowo-Usługowa Kasper.
- Gradek J., Mleczek M., Bora P. (2004). Wysklepienie stóp młodych lekkoatletek. *Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne* 6-7, 11-14.
- Villaroya M.A., Esquivel J.M., Toma's C., Buenafe A., Moreno L. (2007). Foot structure in overweight and obese children. *International Journal of Pediatric Obesity* 17, 1-7.
- Mikołajczyk E., Jankowicz-Szymańska J. (2010). Wpływ otłuszczenia na wysklepienie stóp i ukształtowanie kończyn dolnych u 7-latków. *Fizjoterapia* 18(2), 10-20.
- Furgał W., Adamczyk A. (2008). Ukształtowanie sklepienia stopy u dzieci w zależności od poziomu aktywności fizycznej. *Medycyna sportowa* 5(6), Vol. 24, 311-317.
- Kuraś Z. (1958). Czynnościowe badanie stopy u średnio i długodystansowców AZS Warszawa. *Kultura Fizyczna* 8, 567-574.
- Niżankowski Cz., Wanke A. (1967). Zmienność wysklepienia stopy zawodników wybranych dyscyplin sportowych. *Rozprawy Naukowe WSWF Wrocław* 14, 209-215.
- Socha O. (1970). Budowa i funkcje stopy pływaków i osób nie uprawiających pływania. *Rozprawy Naukowe WSWF Wrocław* 8, 61-88.
- Ślężyński J., Dębska H. (1977). Badania plantograficzne czołowych zapaśników świata. *Wychowanie Fizyczne i Sport* 1, 75-84.
- Nadolska-Ćwikła I. (1998). Wysklepienie stóp u zapaśników pod wpływem treningu. W D. Umiastowska (Red.), *Aktywność ruchowa ludzi w różnym wieku*. III Konferencja Naukowa, 4-5 grudnia 1997. Materiały Naukowe nr 3 (str. 43-46). Szczecin: Wydawnictwo Promocyjne Albatros.
- Nadolska-Ćwikła I. (2000). Ocena wysklepienia stóp u 15-letnich chłopców trenujących i nie trenujących. W D. Umiastowska (Red.), *Aktywność ruchowa ludzi w różnym wieku*. 2-3 grudnia 1999. Materiały Naukowe nr 5 (str. 284-289). Szczecin: Wydawnictwo Promocyjne Albatros.
- Aydog S.T., Demirel H.A., Tetik O., Aydog E., Hascelik Z., Doral M.N. (2004). The sole arch indices of adolescent basketball players. *Saudi Medical Journal* 25(8), 1100-2.
- Cain L.E., Nickolson L.L., Adams R.D. (2007). Foot morphology and foot/ankle injury indoor football. *Journal of Science and Medicine in Sport* 10, 311-319.
- Boguszewska K. (2008). Ocena wysklepienia stóp zawodników sekcji judo AZS-AWF Warszawa. *Zeszyty Metodyczno-Naukowe AWF w Katowicach* 25, 255-262.
- Andrzejewska J., Burdukiewicz A., Chromik K., Pietraszewska J., Stachoń A. (2010). Morphological structure and characteristics of judo contestants' feet. *Acta bio-Optica et Informatica Medica* 1(16), 21-24.
- Trocińska A. (2009). Charakterystyka wybranych parametrów budowy stóp kobiet i mężczyzn uprawiających karate. W B. Marecki (Red.), *Sport i turystyka we współczesnym stylu życia* (str. 89-95). Poznań: Wydawnictwo AWF w Poznaniu.
- <https://www.posmed.com.pl>
- Śliwa W., Chromik K. (2005). *Wady postawy ciała i ich ocena – materiały szkoleniowe*. Legnica: Wydawnictwo Edytor.

24. Wejsflog G. (1955). Plantokonturografia. *Tygodnik Lekarski* 10(15), 1670-1677.
25. Zeyland-Malawka E. (1999). *Ćwiczenia korekcyjne*. Gdańsk: AWF.
26. Stupnicki R. (2000). *Biometria, krótki zarys*. Warszawa: Wydawnictwo MARGOS.
27. Stawczyk Z. (1965). Skoczność dosiężna a wysklepienie stopy. *Roczniki Naukowe WSWF Poznań* 10, 229-240.

Otrzymano: 04.04.2013

Przyjęto: 07.06.2013