



PRACA ORYGINALNA / ORIGINAL PAPER

Robert Walaszek<sup>1(A,B,C,D,F,G)</sup>, Tomasz Ridan<sup>2(A,B,D,F,G)</sup>, Katarzyna Walaszek<sup>3(A,B,C,E,F,G)</sup>,  
Marcin Burdacki<sup>3(B,C,E)</sup>

## Ocena stabilności posturalnej kobiet z deformacją stopy o charakterze palucha koślawego

### The Assessment of Postural Stability of Women with Hallux Valgus

<sup>1</sup> Katedra Rekreacji i Odnowy Biologicznej Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie

<sup>2</sup> Katedra Fizjoterapii Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie

<sup>3</sup> Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Studia Uzupełniające Magisterskie,  
kierunek Fizjoterapia

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Paluch koślawy jest postępującą deformacją stóp charakteryzującą się bocznym odchyleniem palucha z przyśrodkowym odchyleniem I kości śródstopia. Deformacja stóp oraz związane z nią objawy wiążą się ze znacznymi dolegliwościami i poważnymi skutkami zdrowotnymi w postaci ograniczeń funkcjonalnych i często występujących upadków. **Cel badań.** Celem pracy była ocena stabilności posturalnej kobiet w wieku 26-75 lat z deformacją stopy o charakterze palucha koślawego w porównaniu z grupą kontrolną. **Materiał i metoda.** Badaniami objęto grupę 88 kobiet w wieku od 26 do 75 lat, w tym 47 kobiet z koślawością palucha i 41 kobiet bez cech koślawości. Badania przeprowadzono w Centrum Podiomed przy ul. Prądnickiej 10 w Krakowie, w okresie od września 2014 do kwietnia 2015 roku. Klasyfikacji do grup

#### ABSTRACT

**Introduction.** Hallux valgus is a progressive form of deformity of feet with lateral deviation of the hallux and medial deviation of the first metatarsal. This deformity along with its accompanying symptoms is associated with significant pain and serious consequences in terms of the patient's physical restrictions and frequent falls. **Aim of the Study.** The study assessed the postural stability of women aged between 26-75, suffering from hallux valgus, as opposed to the control group. **Material and methods.** The study involved a group of 88 women aged 26-75, including 47 women with hallux valgus and 41 without this deformity. The study was conducted between September 2014 and April 2015, at a medical centre called Centrum Podiomed located in Krakow. The subjects of the study had been assigned to

**Adres do korespondencji / Mailing address:** Robert Walaszek, Zakład Odnowy Biologicznej w Katedrze Rekreacji i Odnowy Biologicznej Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie, 31-571 Kraków, al. Jana Pawła II 78, tel. 605 821 830, e-mail: robertwalaszek63@gmail.com

Udział współautorów / Participation of co-authors: A – przygotowanie projektu badawczego/ preparation of a research project; B – zbieranie danych / collection of data; C – analiza statystyczna / statistical analysis; D – interpretacja danych / interpretation of data; E – przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; F – opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; G – pozyskanie funduszy / obtaining funds

Artykuł otrzymano / received: 28.09.2015 | Zaakceptowano do publikacji / accepted: 26.02.2016

Walaszek R, Ridan T, Walaszek K, Burdacki M. *Ocena stabilności posturalnej kobiet z deformacją stopy o charakterze palucha koślawego*. *Medical Review* 2016; 14 (1): 48–60. doi: 10.15584/medrev.2016.1.4

dokonano na podstawie wartości wielkości kąta palucha koślawego. Dla kąta powyżej  $15^\circ$  sklasyfikowano kobiety do grupy badawczej, natomiast dla kąta poniżej  $15^\circ$  do grupy kontrolnej. Głównym narzędziem pomiarowym służącym do wyznaczenia parametrów stabilometrycznych i odbitek stóp była mata tensometryczna PLATFORMA E.P.S./R1 wraz z oprogramowaniem Biomech 2013. Pomiar na macie obejmował analizę w warunkach statyki. Pomiar stabilności trwał 5 sekund. Kąt palucha koślawego (HVA) dla każdej ze stóp wyznaczany był manualnie. **Wyniki.** Występowanie palucha koślawego determinuje duże zmiany w stabilności posturalnej badanych kobiet. **Wnioski.** Stwierdzono występowanie statystycznie istotnych różnic między wartościami parametrów stabilometrycznych i odbitek stóp kobiet z deformacją stóp i zdrowych. W grupie badawczej stwierdzono statystycznie istotne związki między wartościami kąta palucha koślawego a niektórymi parametrami stabilometrycznymi i odbitek stóp.

**Słowa kluczowe:** zmiany zwyrodnieniowe, deformacje stóp, stabilometria

## Wstęp

Choroba zwyrodnieniowa stawów, jak i dolegliwości, jakie ze sobą niesie jest poważnym problemem zdrowotnym. Z roku na rok wzrasta liczba osób z coraz większą ilością schorzeń stóp. Częstość występowania dolegliwości stóp u osób starszych wynosi 65 na 100 [1]. US National Health Interview Survey szacuje, że 24% populacji ma co najmniej jedną patologię stóp [2]. Najnowsze dane z Framingham foot study donoszą, że u 19% mężczyzn i 29% kobiet bóle stóp występują przez większość dni w miesiącu [3].

Choroby i deformacje stóp oraz związane z nimi objawy wiążą się ze znacznymi dolegliwościami i poważnymi skutkami zdrowotnymi w postaci ograniczeń funkcjonalnych i często występujących upadków [4–8]. Najczęściej występującą patologią stóp o charakterze zwyrodnieniowym jest paluch koślawy, paluch sztywny i palce młotkowate [6, 9–12]. Z badań Harta i wsp. wynika, że najczęstszymi deformacjami w obrębie stóp jest paluch koślawy (26,3%) i palce młotkowate (16,2%), natomiast najrzadziej występują palce szponiaste (1,3%) [13].

Paluch koślawy jest postępującą deformacją stóp charakteryzującą się bocznym odchyleniem palucha z przyśrodkowym odchyleniem I kości śródstopia. Paluch koślawy staje się coraz bardziej bolesny i traci możliwości funkcjonalne, co prowadzi do zaburzeń chodu. Określenie „kąt palucha koślawego” (HVA) odnosi się do przesunięcia w I stawie MTP od osi  $0^\circ$ . HVA u zdrowego człowieka wynosi  $5\text{--}10^\circ$  [13]. Rozpoznanie palucha koślawego stawia się, kiedy kąt przekracza  $15^\circ$  [14, 15].

Obecność palucha koślawego diagnozuje się w trakcie obserwacji klinicznej pacjenta. Szczególną uwagę zwraca się na podskórne wyniosłości kostne po stronie przy-

the two groups based on the measurements of the deviation of the big toe. The women with the deviation of less than  $15^\circ$  were assigned to the control group, whereas those with the deviation of more than  $15^\circ$  were put in the actual study group. The main measuring tool used during the study to assess the stabilometry parameters and parameters of women's footprints was a tensometric matt, PLATFORMA E.P.S./R1, and its software Biomech 2013. Static analysis was conducted using the matt. The measurement of stability took 5 seconds at a time. The hallux valgus angle (HVA) for each foot was measured manually. **Results.** Presence of hallux valgus deformity has a significant effect on postural stability of the examined women. **Conclusions.** The study has showed statistically significant differences of stabilometric parameters and footprint parameters between the women with hallux valgus and the healthy subjects. The study has also showed statistically significant correlations between the HVA values and some stabilometric parameters and footprints in the study group.

**Key words:** degenerative changes, foot deformities, stabilometry

## Introduction

Degenerative joint disease along with its specific symptoms is a serious health problem. The number of people with foot problems is growing year by year. The incidence of foot problems in the elderly population is 65 out of 100 [1]. According to the US National Health Interview Survey estimates, about 24% of the population has at least one foot abnormality [2]. The most recent data from the Framingham foot study report that foot pains occur during the majority of days in month in 19% of men and in 29% of women [3].

Foot diseases and deformities along with their accompanying symptoms are associated with significant pain and serious consequences in terms of the patient's functional restrictions and frequent falls [4–8]. The most common degenerative foot pathologies are the following: hallux valgus, hallux rigidus and hammer toe deformity [6, 9–12]. A study by Hart et al. showed that the most common foot deformities are hallux valgus (26.3%) and hammer toe deformity (16.2%), and the least common one – claw toes (1.3%) [13].

Hallux valgus is a progressive form of deformity of feet with lateral deviation of the hallux and medial deviation of the first metatarsal. Hallux valgus becomes more and more painful and loses its functionality, which leads to gait disturbances. The term 'hallux valgus angle' (HVA) refers to the deviation from the  $0^\circ$  axis in the first MTP joint. A healthy individual has a HVA of  $5\text{--}10^\circ$  [13]. The diagnosis of hallux valgus is made when this angle exceeds  $15^\circ$  [14, 15].

Presence of hallux valgus is diagnosed during clinical observation of the patient. Particular attention is paid to subcutaneous bony protuberances on the medial aspect

środkowej, często określane jako gule, guzki. Paluch jest odchylony w bok i często zrotowany. Powstała wyniosłość jest narażona na podrażnienia ze strony obuwia, co może spowodować bolesne zapalenie kaletki przysrodkowej otaczającej staw śródstopno-paliczkowy palca I lub zapalenie nerwu grzbietowego skórno przysrodkowego. Obserwuje się również poszerzenie przodostopia, co powoduje trudności w znalezieniu komfortowego obuwia [16].

Stabilność posturalna określana jest jako kontrola równowagi, orientacji i pozycji ciała w przestrzeni. System stabilnej kontroli posturalnej charakteryzuje się dużą wrażliwością na niewielkie zmiany sygnałów docierających zarówno z otoczenia, jak i z wnętrza ciała, które pośredniczą w wytworzeniu reakcji. Reakcje posturalne stanowią odpowiedź na bodźce mogące zaburzyć postawę i umożliwiają utrzymanie prawidłowej równowagi i pozycji ciała w przestrzeni [17].

Orientacja pionowa, która wymusza wąską podstawę podparcia oraz wielosegmentowa budowa ciała determinuje potencjalną niestabilność postawy. Klasyczna definicja stabilności posturalnej bazuje na położeniu COG (center of gravity) na płaszczyźnie podparcia. Nieliniowy kierunek działania kontroli nerwowo-mięśniowej powoduje, że COG nie skupia się w jednym punkcie, lecz oscyluje dookoła niego, co opisywane jest w piśmiennictwie jako „kołysanie postawy” [18]. W badaniach stabilności posturalnej uwzględniany jest też często środek nacisku stóp (center of foot pressure – COP). COP nie odzwierciedla tylko wychylenia środka ciężkości (COG), ale także reakcje na bodźce działające na stopę, które odgrywają dużą rolę w utrzymaniu równowagi. Każda oscylacja wskazuje na zachwianie stabilności – im jest większa, tym problem zaburzeń staje się poważniejszy [19].

Wychylenia postawy, które mieszczą się na czworoboku podparcia nazywane są równowagą chwiejną. U osób zdrowych wahania te wynoszą ok. 100 mm<sup>2</sup> i uważane są za normę. Wyróżnia się dwa rodzaje stabilności: funkcjonalną i strukturalną (mechaniczną). Za stabilność funkcjonalną odpowiadają tkanki o właściwościach włóknisto-sprężystych, kontrola mięśniowa oraz wypadkowa działających sił. Stabilność strukturalną warunkują powierzchnie stawowe i ich zdolność do przenoszenia obciążeń. Stabilność strukturalna jest niezbędna do osiągnięcia stanu równowagi, natomiast stabilność funkcjonalna wspomaga jej kontrolę i regulację [19].

Analiza literatury przedmiotu wskazuje na niedobór doniesień dotyczących stabilności posturalnej w fizjoterapii podologicznej. Zdecydowana większość opracowań badała do tej pory stabilność posturalną pod kątem urazowości [20, 21]. Zmiany zwyrodnieniowe i powodowane przez nie deformacje są zdecydowanie częstsze niż urazy mechaniczne.

of the foot, frequently referred to as ‘lumps’ or ‘nodules’. The big toe is deflected laterally and frequently rotated. The resulting protuberance is exposed to irritation by shoes that may cause painful inflammation of the medial bursa surrounding the metatarsophalangeal joint of the first toe or inflammation of the dorsal medial cutaneous nerve. Forefoot widening is also observed that causes difficulties in fitting comfortable shoes [16].

Postural stability is defined as control of balance, orientation and position of the body in space. The system of stable postural control is very sensitive to small changes of signals both from the environment and from the inside of the body that mediate appropriate reaction. Postural reactions are an answer to the stimuli that may disturb the posture and they allow maintaining of normal balance and body position in space [17].

Vertical body orientation that is responsible for a narrow base of support, as well as and multisegmental body composition determine potential posture instability. The classical definition of postural stability is based on the position of the centre of gravity (COG) on the surface of support. Non-linear direction of the action of the neuromuscular control causes that the COG does not focus in one point but is oscillating around it, which is described in the literature as ‘base swing’ [18]. Studies on postural stability frequently include also the centre of foot pressure parameter (COP). COP reflects not only deviations of the centre of gravity (COG) but also reactions to the stimuli acting on the foot that play a major role in balance maintenance. Each oscillation indicates stability loss – the larger the oscillations, the bigger the problem of disturbances [19].

Posture deviations that fall within the support quadrangle are called unstable balance. In healthy people, these fluctuations are about 100 mm<sup>2</sup> and are considered normal. Two types of stability are distinguished: functional stability and structural (mechanical) stability. Tissues with fibroelastic properties, muscle control and the resultant of acting forces are responsible for functional stability. Structural stability depends on articular surfaces and their ability to transfer loads. Structural stability is indispensable for achievement of the state of balance whereas functional stability supports its control and regulation [19].

Analysis of the literature in this field shows some deficit of reports on postural stability in foot physiotherapy. The majority of available reports studied postural stability with respect to injury [20, 21]. Degenerative changes and resulting deformities occur much more frequently than mechanical injuries.

**The purpose of this work** was to assess the postural stability of women aged between 26–75, with hallux valgus deformity of the foot, as opposed to a control group.

Research questions:

1. Are there any statistically significant differences in measured stabilometric parameters between women with hallux valgus and healthy subjects?

**Celem pracy** była ocena stabilności posturalnej kobiet w wieku 26–75 lat z deformacją stopy o charakterze palucha koślawego w porównaniu z grupą kontrolną.

Pytania badawcze:

1. Czy występują statystycznie istotne różnice między wartościami parametrów stabilometrycznych zmierzonych u kobiet z deformacją stóp i zdrowych?
2. Czy występują statystycznie istotne różnice między wartościami parametrów odbitek stóp zmierzonych u kobiet z deformacją stóp i zdrowych?
3. Czy istnieją statystycznie istotne różnice między wartościami kąta palucha koślawego w lewej i prawej stopie u kobiet w grupie badawczej?
4. Czy występują statystycznie istotne związki między wartościami kąta palucha koślawego a parametrami stabilometrycznymi i odbitek stóp w grupie badawczej?

## Material i metoda

Badaniami objęto grupę 88 kobiet w wieku od 26 do 75 lat, w tym 47 kobiet z koślawością palucha i 41 kobiet bez cech koślawości (Tab. 1). Badania przeprowadzono w Centrum Podiomed przy ul. Prądnickiej 10 w Krakowie w okresie od września 2014 do kwietnia 2015 roku. Klasyfikacji do grup dokonano na podstawie wartości wielkości kąta palucha koślawego. Dla kąta powyżej 15° sklasyfikowano kobiety do grupy badawczej, natomiast dla kąta poniżej 15° do grupy kontrolnej [14].

Badane grupy kobiet scharakteryzowano pod kątem wieku, masy ciała, parametrów stabilometrycznych (ryc. 2):

- l-bary – powierzchnia wychwiał lewej stopy
- p-bary – powierzchnia wychwiał prawej stopy,
- cop-x – współrzędna wychwiał w płaszczyźnie czołowej („+” w prawo, „-” w lewo),
- cop-y – współrzędna wychwiał w płaszczyźnie strzałkowej („+” do przodu, „-” do tyłu),
- cop-odl – odległość między skrajnymi wychwianiami środka ciężkości ciała,
- cop-szyb – szybkość wychwiał środka ciężkości ciała,

2. Are there any statistically significant differences in measured parameters of footprints between women with hallux valgus and healthy subjects?
3. Are there any statistically significant differences between the left and right foot hallux angle values in women from the study group?
4. Are there any statistically significant correlations in the study group between the HVA values and stabilometric parameters and footprints parameters?

## Material and methods

The study involved a group of 88 women aged 26-75, including 47 women with hallux valgus and 41 without this deformity (Tab. 1). The study was conducted between September 2014 and April 2015, at a medical centre called Centrum Podiomed in Krakow. The subjects of the study had been assigned to the two groups based on the measurements of the deviation of the big toe. The women with a deviation of more than 15° were assigned to the study group whereas those with a deviation of less than 15° – to the control group [14].

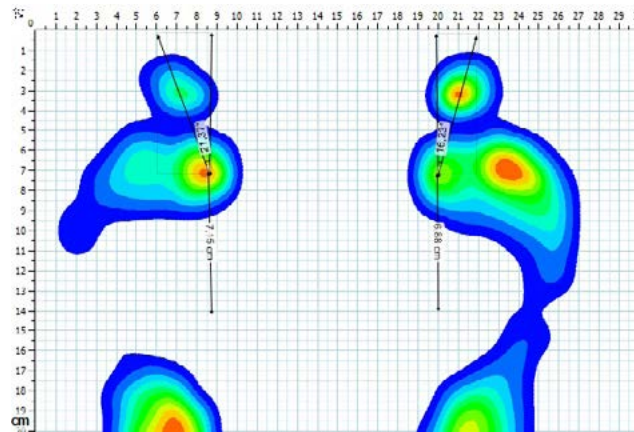
The studied groups of women are described with respect to their *age, body weight, stabilometric parameters* (Fig. 2):

- l-bary – the area of left foot sways
  - r-bary – the area of right foot sways
  - cop-x – the coordinate of sways in the coronal plane ('+' to the right, '-' to the left),
  - cop-y – the coordinate of sways in the sagittal plane ('+' forward, '-' backward),
  - cop-dist – the distance between extreme sways of the body's centre of gravity,
  - cop-vel – the velocity of body's centre of gravity sways
  - cop-lsf – the ratio of the distance between extreme sways to the area of the sways,
  - cop-bary – the area of body's centre of gravity sways.
- and *to the parameters of footprints*:
- l-max-pr – maximum pressure of the left foot,
  - l-mean-pr – mean pressure of the left foot,

Tab. 1. Charakterystyka kobiet z grupy badawczej i kontrolnej

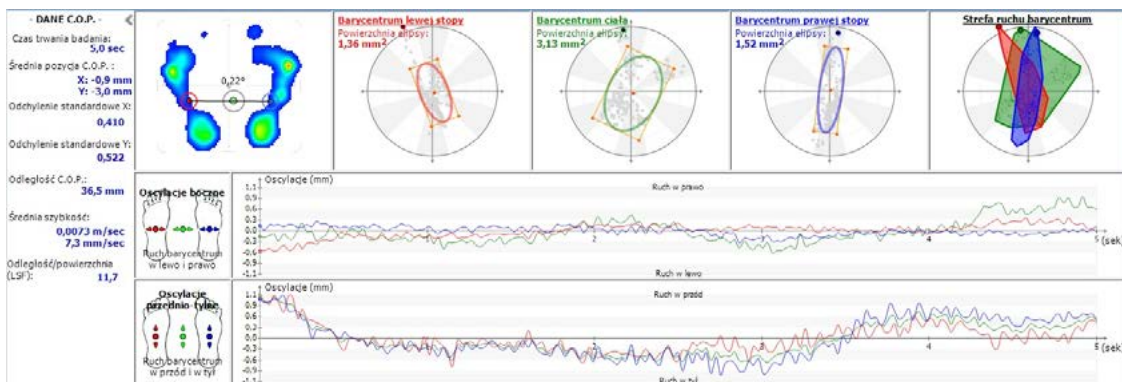
Tab. 1. Characteristics of the women from the study group and from the control group

Parametry Parameter	grupa badawcza / study group					grupa kontrolna / control group				
	$\bar{x}$	SD	Min	Max	R	$\bar{x}$	SD	Min	Max	R
wiek (lata) age (years)	53,06	12,31	31,00	74,00	43,00	50,98	12,90	26,00	75,00	49,00
masa ciała (kg) body weight (kg)	71,81	19,79	54,82	88,86	34,04	68,41	29,09	53,52	82,42	28,90
wysokość ciała (cm) body height (cm)	165,00	6,50	155,00	181,00	26,00	164,00	6,40	156,00	178,00	22,00



Ryc. 1. Sposób pomiaru wartości kąta halluxa

Fig. 1. The method of hallux angle measurement



Ryc. 2. Analiza stabilometryczna (źródło: oprogramowanie Biomech 2013)

Fig. 2. Stabilometric analysis (source: Biomech 2013 software)

- cop-lsf – stosunek odległości między skrajnymi wychwianiami do powierzchni wychwian,
- cop-bary – powierzchnia wychwian środka ciężkości ciała.

oraz parametrów odbitek stóp:

- l-max-nac – maksymalny nacisk lewej stopy,
- l-śr-nac – średni nacisk lewej stopy,
- l-pow – powierzchnia lewej stopy,
- p-max-nac – maksymalny nacisk prawej stopy,
- p-śr-nac – średni nacisk prawej stopy,
- p-pow – powierzchnia prawej stopy.

Głównym narzędziem pomiarowym była mata tensometryczna PLATFORMA E.P.S./R1 wraz z oprogramowaniem Biomech 2013. Pomiar na macie obejmował analizę w warunkach statyki. Badane kobiety były ustawiane na macie boso w pozycji swobodnej. Pomiar HVA dla każdej ze stóp wyznaczany był manualnie (ryc. 1).

Aparatura pozwalała zarejestrować mikroruchy ciała kobiet zachodzące w krótkich odstępach czasowych podczas badania. Na podstawie analizy przebiegu fluktuacji amplitudowo-czasowych zmian nacisku rejestrowanego przez urządzenie, możliwa była ocena stopnia zdolno-

- l-area – the area of left foot,
- r-max-pr – maximum pressure of the right foot,
- r-mean-pr – mean pressure of the right foot,
- r-area – the area of right foot.

The main measurement tool was a tensometric matt, PLATFORMA E.P.S./R1 with Biomech 2013 software. Static analysis was conducted using the matt. The studied women had to stand on the matt barefoot in a natural position. HVA for each foot was measured manually (Fig. 1).

This equipment allowed to record micromovements of the women's bodies occurring at short intervals during the examination. Based on the analysis of amplitude - time fluctuations of pressure changes recorded by the device, evaluation of patients' ability to maintain posture stability and balance was possible.

To evaluate differences between the study group and control group the Student's *t* test was used with two samples assuming unequal variances, and for evaluation of relationship between the studied parameters the Spearman's rho correlation coefficient was used. This method of calculations was selected because distribution of the hallux angle values was significantly different from the Gaussian curve and thus application of the Pearson's C correlation,

ści pacjentek do utrzymania stabilności postawy i równowagi.

Do oceny różnic występujących między grupą badawczą i kontrolną wykorzystano test t-Studenta z dwiema próbami zakładającymi nierówne wariancje, a do oceny zależności badanych parametrów współczynnik korelacji rho Spearmana. Wybór tej formy obliczeń był podyktowany tym, że ze względu na stwierdzone w zakresie wartości kątów palucha koślawego rozkłady istotnie odbiegające od krzywej Gaussa nie można było zastosować najpopularniejszej miary korelacji C-Pearsona. Oceny istotności statystycznej dokonywano na poziomie co najmniej  $p \leq 0,05$  [22].

## Wyniki

### Analiza parametrów stabilometrycznych

W tabeli 2 przedstawiono wyniki średnich wartości ( $\pm$ SD) parametrów stabilometrycznych oraz testu istotności statystycznej różnic między kobietami z grupy badawczej i kontrolnej.

Średnia powierzchnia wychwiał w grupie badawczej dla lewej stopy wynosiła 12,56 mm<sup>2</sup>, a dla prawej 11,57 mm<sup>2</sup>. Średnia powierzchnia wychwiał środka ciężkości ciała grupy z paluchem koślawym była równa 43,83 mm<sup>2</sup>. W grupie kontrolnej parametry te odpowiednio miały wartości: dla lewej stopy: 1,50 mm<sup>2</sup>; dla prawej stopy: 1,86 mm<sup>2</sup>, a dla środka ciężkości ciała 6,65 mm<sup>2</sup>. Dla tych parametrów różnice statystyczne kształtują się na najwyższym stopniu istotności ( $p \leq 0,001$ ). Równie wysoki poziom istotności statystycznej różnic wykazano, porównując parametry: wychwiał w płaszczyźnie strzałkowej, odległości między skrajnymi punktami wychwiał oraz szybkości wychwiał. Parametry te miały większe wartości w grupie badawczej. Mniejszy poziom istotności różnic ( $p \leq 0,01$ ) wykazano, porównując parametry określające stosunek odległości wychwiał do ich powierzchni. Najmniejsze różnice stwierdzono między wartościami parametrów wychwiał środka ciężkości w płaszczyźnie czo-

the most popular measure, was impossible. Statistical significance was evaluated at the p level of  $\leq 0.05$  [22].

## Results

### Analysis of stabilometric parameters

Table 2 presents the results of mean values ( $\pm$ SD) of the stabilometric parameters and of the test of statistical significance of differences between the women from the study group versus the control group.

Mean sway area in the study group for the left foot was 12.56 mm<sup>2</sup>, and for the right foot – 11.57 mm<sup>2</sup>. Mean COG sway area for the hallux valgus group was 43.83 mm<sup>2</sup>. In the control group these parameters had the following values, respectively: for the left foot: 1.50 mm<sup>2</sup>; for the right foot: 1.86 mm<sup>2</sup>, and for the centre of gravity of the body: 6.65 mm<sup>2</sup>. For these parameters, statistical differences have the highest significance level ( $p \leq 0.001$ ). Similarly high statistical significance of differences was shown when comparing the following parameters: sways in the sagittal plane, distance between the extreme sway points and sway velocity. These parameters had higher values in the study group. A lower level of difference significance ( $p \leq 0.01$ ) was shown for the comparison of parameters defining the ratio of the distances of sways to their area. The least differences were found between the values of the parameters of COG sways in the coronal plane (the mean value in the hallux valgus group was -0.71 mm, and in the control group: -0.26 mm). In the compared groups there were larger COG sways to the left and backward.

### Analysis of the footprint parameters

Table 3 presents the results of mean values ( $\pm$ SD) of the footprint parameters and of the test of statistical significance of differences between the women from the study group versus the control group.

In the study group, the mean left foot pressure was 34.85 Kpa and it was 33% lower than the mean left foot

**Tabela 2. Wartości średnie ( $\pm$ SD) parametrów stabilometrycznych oraz wyniki testu istotności statystycznej różnic (test t-Studenta) pomiędzy kobietami z grupy badawczej i kontrolnej**

**Table 2. Mean values ( $\pm$ SD) of the stabilometric parameters and the results of the test of statistical significance of differences (Student's t test) between the women from the study group versus the control group**

Parametry / Parameter	Grupa badawcza Study group N=47		Grupa kontrolna Control group N=41		test t-Studenta Student's t test
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
l-bary (mm <sup>2</sup> )	12,56	16,53	1,50	1,09	0,0000***
p-bary (mm <sup>2</sup> )	11,57	12,29	1,86	1,17	0,0000***
cop-x (mm)	-0,71	1,09	-0,26	0,64	0,0137*
cop-y (mm)	-2,12	1,18	-1,23	0,93	0,0001***
cop-odl (mm)	46,81	13,69	18,78	9,63	0,0000***
cop-szyb (mm/sek)	9,39	2,72	3,76	1,92	0,0000***
cop-lsf	2,29	2,57	4,32	4,19	0,0085**
cop-bary (mm <sup>2</sup> )	43,83	52,89	6,65	4,58	0,0000***

\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$

**Tab. 3. Wartości średnie ( $\pm$ SD) parametrów odbitek stóp oraz wyniki testu istotności statystycznej różnic (test t-Studenta) pomiędzy kobietami z grupy badawczej i kontrolnej**

**Tab. 3. Mean values ( $\pm$ SD) of the footprint parameters and the results of the test of statistical significance of differences (Student's *t* test) between the women from the study group versus the control group**

Parametry Parameter	Grupa badawcza / Study group N=47		Grupa kontrolna / Control group N=41		test t-Studenta Student's <i>t</i> test
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
l-max-nac (Kpa) l-max-pr (Kpa)	128,65	47,90	155,33	38,75	0,0045**
l-śr-nac (Kpa) l-mean-pr (Kpa)	34,85	8,36	51,82	11,27	0,0000***
l-pow (cm <sup>2</sup> ) l-area (cm <sup>2</sup> )	89,53	17,75	92,12	17,40	0,9125 NS
p-max-nac (Kpa) r-max-pr (Kpa)	152,79	41,36	165,94	33,49	0,1261 NS
p-śr-nac (Kpa) r-mean-pr (Kpa)	41,96	8,22	53,99	10,90	0,0000***
p-pow (cm <sup>2</sup> ) r-area (cm <sup>2</sup> )	93,02	18,29	94,95	19,01	0,7284 NS

\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; NS – nieistotne statystycznie / statistically non-significant

**Tab. 4. Wartości średnie ( $\pm$ SD) kąta palucha koślawego oraz wyniki testu istotności statystycznej różnic (test t-Studenta) pomiędzy stopami lewymi i prawymi kobiet z grupy badawczej**

**Tab. 4. Mean values ( $\pm$ SD) of the hallux angle and the results of the test of statistical significance of the differences (Student's *t* test) between left and right feet of the women from the study group**

Parametry Parameter	Kąt palucha koślawego kończyny dolnej lewej (°) / Hallux angle of the left lower limb (°)	Kąt palucha koślawego kończyny dolnej prawej (°) / Hallux angle of the right lower limb (°)	test t-Studenta Student's <i>t</i> test
$\bar{x}$	38,16	36,13	0,4045 NS
SD	11,29	12,51	

NS – nieistotne statystycznie / statistically non-significant

łowej (średnia w grupie z paluchem koślawym wynosiła: -0,71 mm, a w grupie kontrolnej: -0,26 mm). W porównywanych grupach wychwiania środka ciężkości były większe w stronę lewą oraz do tyłu.

#### **Analiza parametrów odbitek stóp**

W tabeli 3 przedstawiono wyniki średnich wartości ( $\pm$ SD) parametrów odbitek stóp oraz testu istotności statystycznej różnic między kobietami z grupy badawczej i kontrolnej.

W grupie badawczej średni nacisk lewej stopy wynosił 34,85 Kpa i był o 33% mniejszy od średniego nacisku lewej stopy w grupie kontrolnej. Średni nacisk prawej stopy w grupie badawczej wynosił 41,96 Kpa i był o 22% mniejszy od średniego nacisku stopy prawej w grupie kontrolnej. W obu tych przypadkach różnice statystyczne kształtują się na najwyższym stopniu istotności ( $p \leq 0,001$ ). Średnia powierzchnia odbitki lewej stopy w grupie badawczej wynosiła 89,53 cm<sup>2</sup> i była o 3% mniejsza od powierzchni odbitki lewej stopy w grupie kontrolnej. Powierzchnia

pressure in the control group. The mean right foot pressure in the study group was 41.96 Kpa and it was 22% lower than the mean right foot pressure in the control group. In both cases, statistical differences have the highest significance level ( $p \leq 0.001$ ) Mean area of the left footprint in the study group was 89.53 cm<sup>2</sup> and it was 3% lower than the left footprint area in the control group. The right footprint area in the study group was 93.02 cm<sup>2</sup> and was almost equal to the footprint area in the control group (94.95 cm<sup>2</sup>). No statistically significant differences were found here.

#### **Analysis of the differences of the hallux angle values between the left and right feet in women from the study group**

Parameters of 40 women with bilateral hallux valgus were used for a comparative analysis of hallux angle values of the left and right feet.

The mean value of the hallux angle of the left foot was 38,16°, and of the right foot – 36.13°. Due to only a minor difference, the results obtained for the left foot

**Tabela 5. Wyniki korelacji wartości kąta palucha koślawego stóp lewych i prawych z masą ciała, wiekiem, parametrami stabilometrycznymi i parametrami odbitek stóp rho Spearmana**

**Table 5. Results of correlation of the values of the hallux valgus angle of the left and right feet with body weight, age, stabilometric parameters and footprint parameters (Spearman's rho correlation)**

	Parametry Parameters	rho Spearmana Spearman's rho		Parametry Parameters	rho Spearmana Spearman's rho
Kąt palucha koślawego stóp lewych Hallux angle of the left feet	masa ciała body weight	<b>0,28*</b>	Kąt palucha koślawego stóp prawych Hallux angle of the right feet	masa ciała body weight	0,09
	wiek age	<b>0,41*</b>		wiek age	0,20
	l-max-nac l-max-pr	<b>0,37**</b>		p-max-nac r-max-pr	0,05
	l-sr-nac l-mean-pr	-0,22		p-sr-nac r-mean-pr	0,17
	l-pow l-area	0,04		p-pow r-area	0,00
	l-bary	<b>0,31*</b>		p-bary	-0,01
	cop-x	-0,14		cop-x	-0,12
	cop-y	-0,11		cop-y	<b>0,29*</b>
	cop-odl cop-dist	0,24		cop-odl cop-dist	-0,01
	cop-szyb cop-vel	-0,26		cop-szyb cop-vel	-0,00
	cop-lsf	-0,12		cop-lsf	0,18
	cop-bary	0,01		cop-bary	-0,18

\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$

odbitki stopy prawej w grupie badawczej wynosiła 93,02 cm<sup>2</sup> i była prawie taka sama jak powierzchnia odbitki stopy w grupie kontrolnej (94,95 cm<sup>2</sup>). W tych przypadkach nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych.

**Analiza różnic wartości kąta palucha koślawego między stopami lewymi i prawymi u kobiet w grupie badawczej**  
Do analizy porównawczej wartości kąta palucha koślawego lewych i prawych stóp wykorzystano parametry 40 kobiet, u których występowanie palucha koślawego było obustronne.

Średnia wartość kąta palucha koślawego stopy lewej wynosiła 38,16°, a stopy prawej – 36,13°. Z racji niewielkiej różnicy, wyniki uzyskane z lewej i prawej stopy można uznać za bardzo podobne – nie różnią się statystycznie.

**Analiza korelacji między wartościami kąta palucha koślawego a masą ciała, wiekiem, parametrami stabilometrycznymi i odbitek stóp w grupie badawczej**

W grupie kobiet z paluchem koślawym stwierdzono statystycznie istotne dodatnie związki między wartościami kąta palucha koślawego lewych kończyn dolnych, a masą ciała, wiekiem, powierzchnią wychwianą lewej stopy (na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ ) i maksymalnym naciskiem lewej stopy (na poziomie istotności  $p \leq 0,01$ ). Wartość

and for the right foot may be considered similar – there is no statistical difference.

**Analysis of correlations between the values of the hallux valgus angle and body weight, age, stabilometric parameters and footprint parameters in the study group**

In the group of women with hallux valgus, statistically significant positive correlations were found between values of the hallux valgus angle of the left lower limbs and body weight, age, left foot sway area (at the significance level of  $p \leq 0.05$ ) and maximum pressure of the left foot (at the significance level of  $p \leq 0.01$ ). The value of the hallux angle of the right lower limbs correlates significantly ( $p \leq 0.05$ ) only with the sway coordinate in the sagittal plane.

## Discussion

Discussion on man's postural stability covers at present a wide range of researchers' interests. In scientific reports in the area of orthopaedics and traumatology, postural stability is presented as series of complex mechanisms determining body posture, locomotion and social interactions. The problem of postural stability of the elderly with degenerative changes of the motor system raises growing interest of researchers in the recent years. Postural stability is considered in the context of involuntional changes and resulting functional limitations [18].



kąta palucha koślawego prawych kończyn dolnych koreluje tylko istotnie ( $p \leq 0,05$ ) ze współrzędną wychwiał w płaszczyźnie strzałkowej.

## Dyskusja

Rozważania nad stabilnością posturalną człowieka obejmują obecnie szeroki zakres zainteresowań badaczy. W doniesieniach naukowych z zakresu ortopedii i traumatologii stabilność posturalna przedstawiana jest jako zespół złożonych mechanizmów warunkujących postawę ciała, lokomocję oraz interakcje społeczne. Coraz większe zainteresowanie badaczy w ostatnich latach wzbudza problem stabilności posturalnej osób starszych ze zmianami zwyrodnieniowymi narządu ruchu. Stabilność posturalna jest rozważana w kontekście zmian inwolucyjnych oraz wynikających z tego ograniczeń funkcjonalnych [18].

Dla potrzeb niniejszej pracy przebadano 88 aktywnych zawodowo i społecznie kobiet. W okresie przed- i okołomenopauzalnym pojawiają się dysfunkcje narządu ruchu. Istotna wydaje się wzajemna zależność między powstającymi schorzeniami a mechanizmem stabilizującym, którego zadaniem jest zachowanie integralności postawy. Skompletowanie wyników badań stabilności posturalnej umożliwiła mata tensometryczna. Najistotniejszym parametrem służącym do pomiaru stabilności była powierzchnia wychwiał środka ciężkości ciała. Różnice między grupą badawczą a kontrolną okazały się wysoce istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ). W grupie badawczej powierzchnia wychwiał środka ciężkości ciała wyniosła 43,83 mm<sup>2</sup>, natomiast w grupie kontrolnej tylko 6,65 mm<sup>2</sup>. Otrzymane wyniki można porównać do rezultatów Spink i Fotooha [23]. W swoim opracowaniu przedstawili wyniki badań przeprowadzone za pomocą „sway-meter”<sup>1</sup> na grupie 305 osób z deformacjami stóp w wieku powyżej 60 lat. Odpowiednik barycentrum w ich pracy oscylował wokół 126 mm<sup>2</sup> przy dużym odchyleniu standardowym (169 mm<sup>2</sup>). Różnice między wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy a analizą wyżej wymienionych autorów są wyraźne. Prawdopodobną przyczyną tak dużej rozbieżności wyników jest wyższa średnia wieku badanych przez Spink i Fotooha oraz większa ilość deformacji stóp [23]. Przyniesione doniesienie potwierdza wpływ deformacji stóp na zwiększenie obszaru wychwiał środka ciężkości ciała. Dużą istotność statystyczną wykazały

For the needs of this work, 88 professionally and socially active women were examined. Motor system dysfunctions appear in the pre- and perimenopausal period. The interrelationships between emerging medical conditions and a stabilising mechanism whose aim is maintenance of posture integrity seem important here. Postural stability measurements were done with use of a tensometric matt. The most important parameter used for stability measurement was the area of sways of the body's centre of gravity. Differences between the study and control groups appeared to be highly statistically significant ( $p < 0.001$ ). The COG sway area in the study group was 43.83 mm<sup>2</sup>, whereas in the control group it was as low as 6.65 mm<sup>2</sup>. The obtained results may be compared to those of Spink and Fotooh [23]. In their paper they presented the results obtained with a 'sway-meter'<sup>1</sup> in a group of 305 individuals with foot deformities, older than 60 years of age. The equivalent of barycentre in their work oscillated around 126 mm<sup>2</sup>, at a high standard deviation (169 mm<sup>2</sup>). There are significant differences between our results and the results obtained by the above mentioned authors. The probable cause of such a big discrepancy of results is higher mean age of the population examined by Spink and Fotooh and larger amount of foot deformities [23]. The cited report confirms the effect of foot deformities on the increase of the COG sway area. High statistical significance was shown for differences in the area of sways for each foot separately between the studied groups - this fact is confirmed by differences in the results of global evaluation of body's centre of gravity sways.

Interesting conclusions are brought by the analysis of the coordinates of the COG sways. Larger differences between the study and control groups were shown for the cop-y coordinate ( $p < 0.001$ ) than for the cop-x coordinate ( $p < 0.05$ ). The “y” coordinate is the measure of sways in the sagittal plane and the “x” coordinate – in the coronal plane. In the control group, slightly larger sways within the “y” parameter are visible, whose values are about 30% higher than the values of the “x” parameter – this is the proof of better postural stability in the coronal plane. This is the effect of two point-, wider base of support in this plane. Hallux valgus deformity contributes to a global worsening of stability and to an increase in disproportion between sways in two main planes of body's mobility.

<sup>1</sup> „sway-meter” – miernik wychwiał, aparat zbudowany z 40 cm tyczki, na końcu której znajduje się pionowo ustawiony długopis. Drugi koniec tyczki jest przymocowany za pomocą pasa do talii badanego. Część pisząca długopisu dotyka kartki papieru na stole, którego wysokość dostosowana jest do poziomu talii badanego, tak aby ruch przenoszony był równolegle do podłoża. Badana osoba stoi z otwartymi oczami na gumowej macie w odległości 40 cm od rejestrowanego zapisu. Pomiaru dokonuje się, odczytując zapis z kartki i wyniki podając w milimetrach [23].

<sup>1</sup> 'Sway-meter' is a tool for sway measurement, a device constructed of a 40-cm rod with a vertically positioned ball-pen at its tip. The other end of the rod is fixed with a belt to the waist of the examined person. The writing part of the ball-pen touches a sheet of paper on the table whose height is adjusted to the level of the waist of the examined person so that the movements are transferred parallel to the base. The examined person stands with open eyes on a rubber matt at a distance of 40 cm from the recording sheet. The measurement is done by reading the record on the sheet and the results are given in millimetres [23].

różnice w zakresie obszaru wychwian dla każdej ze stóp z osobna między badanymi grupami – fakt ten potwierdzają różnice uzyskane w wynikach globalnej oceny wychwian środka ciężkości ciała.

Ciekawych wniosków dostarcza analiza współrzędnych wychwian środka ciężkości ciała. Większe różnice między grupą badaną i kontrolną wykazano dla współrzędnej  $cop-y$  ( $p < 0,001$ ) niż  $cop-x$  ( $p < 0,05$ ). Współrzędna „y” jest miarą wychwian w płaszczyźnie strzałkowej, a współrzędna „x” w płaszczyźnie czołowej. W grupie kontrolnej zauważa się nieco większe wychwiania w zakresie parametru „y”, którego wartości są o około 30% większe od wartości parametru „x” – jest to świadectwo lepszej stabilności posturalnej w płaszczyźnie czołowej. Jest to efekt dwupunktowej i szerszej podstawy podparcia ciała w tejże płaszczyźnie. Paluch koślawy sprzyja globalnemu pogorszeniu stabilności oraz zwiększeniu dysproporcji między wychwianiami w dwóch głównych płaszczyznach ruchomości ciała.

Drzał-Grabiec i wsp., badając grupę osób powyżej 65 roku życia cierpiących na deformację stóp wykazali średnią wartość wychwian środka ciężkości ciała równą 225,90 mm w płaszczyźnie strzałkowej oraz 124,20 mm w płaszczyźnie czołowej. Zaburzenia stabilności w płaszczyźnie strzałkowej były o ponad 37% większe od zaburzeń w płaszczyźnie czołowej. Powyżsi autorzy wyróżnili też parametr szybkości wychwian osobno dla dwóch płaszczyzn. Szybkość wyniosła odpowiednio dla płaszczyzny strzałkowej 7,5 mm/s i dla płaszczyzny czołowej 4,1 mm/s. Współrzędne wychwian osiągały więc większą wartość w płaszczyźnie strzałkowej. Całkowita szybkość wychwian środka ciężkości ciała wyniosła 9,40 mm/s [24]. W badaniach własnych wartość tego parametru dla grupy z paluchem koślawym była taka sama jak w badaniach Drzał-Grabiec i wsp. i wyniosła 9,39 mm/s, a w grupie kontrolnej tylko 3,76 mm/s. Badania własne wskazują na wyraźnie istotną statystycznie różnicę w szybkości wychwian między kobietami z grupy badawczej a kobietami z grupy kontrolnej.

Ciekawe wnioski nasuwają się po analizie wartości barycentrum-cop (obszaru zakreślonego przez wychwiania środka ciężkości). W opracowaniu Drzał-Grabiec i wsp. wartość barycentrum-cop wyniosła 545 mm<sup>2</sup> [24]. W badaniach własnych średnia wartość ta osiągnęła tylko 43,83 mm<sup>2</sup> w grupie z paluchem koślawym, aczkolwiek wśród badanych notowane były nawet wyniki rzędu 500-1000 mm<sup>2</sup>. Prawdopodobną przyczyną rozbieżności wyników w zakresie tego parametru jest różny średni wiek badanych oraz brak specyfikacji deformacji stóp wśród grupy kobiet z przytoczonego powyżej artykułu.

Spośród kobiet w grupie badawczej – 40 wykazywało obustronną koślawość palucha. Słuszne wydało się więc określenie predyspozycji strony ciała do występowania tego schorzenia. Otrzymane wyniki wskazywały na nieznacznie większą koślawość paluchów w stopach lewych,

Drzał-Grabiec et al. examined a group of people over 65 years of age suffering from foot deformities and showed that the mean value of sways of the body's centre of gravity was 225.90 mm in the sagittal plane and 124.20 mm in the coronal plane. Disturbances of stability in the sagittal plane were larger than those in the coronal plane by more than 37%. The above mentioned authors have also distinguished the sway velocity parameter separately for these two planes. The velocity was 7.5 mm/s and 4.1 mm/s for the sagittal plane and coronal plane, respectively. Thus the coordinates of sways reached higher values in the sagittal plane. The total velocity of body's COG sways was 9.40 mm/s [24]. In our study the value of this parameter for the hallux valgus group was the same as in the study by Drzał-Grabiec et al., 9.39 mm/s, but in the control group it was only 3.76 mm/s. Our study points to a clear statistically significant difference in the sway velocity between the women from the study group and the women from the control group.

Interesting conclusions come from the analysis of the barycentre-cop value (the area delineated by COG sways). In the work of Drzał-Grabiec et al. barycentre-cop value was 545 mm<sup>2</sup> [24]. In our study the mean value of this parameter was only 43.83 mm<sup>2</sup> in the hallux valgus group, however individual results among the examined women reached the level of 500-1000 mm<sup>2</sup>. A probable cause of discrepancies of results for this parameter is different mean age of the studied groups and missing specification of foot deformities in the group of women described in the above cited article.

40 women from the study group presented bilateral hallux valgus. Therefore determination of body side predisposition for occurrence of this condition seemed the right action. Obtained results pointed to a slightly larger hallux valgus deformity in the left feet, however the difference at the level of 7% was considered statistically non-significant. Extensive research in this field was conducted by Hiroto et al. [25]. They analysed the results of feet examination of 634 students of Pharmacy Faculty of a private women's university of Hyogo Prefecture. The difference between the material of this work and the studies of Hiroto et al. consists in the sample size and in the mean age of the study group. Only women aged less than 20 years of age took part in the experiment of the year 2014 [25]. The youngest woman in our group was 26 years old. In the group of students, the mean value of the hallux angle for the right foot was 10°, and for the left foot – 11°. It seems that the difference in the hallux angle value between the presented reports results from the age of the examined women. The mean value of the hallux angle was lower by about 25% in younger women. Both in the group from Hyogo Prefecture and in the group of examined women from Cracow the difference between the left foot and right foot angle was a minor one. The cited studies showed a small domination of the value of the

aczkolwiek różnica rzędu 7% uznana została za nieistotną statystycznie. Obszerne badania w tym zakresie przeprowadzili Hiroto i wsp. [25]. Analizie poddali wyniki badań stóp 634 studentek z Wydziału Farmacji prywatnego żeńskiego uniwersytetu z Hyogo Prefecture. Różnica między materiałem niniejszej pracy a badaniami Hiroto i wsp. przejawiała się w liczebności oraz średniej wieku badanej grupy. W eksperymencie z 2014 roku udział brały wyłącznie kobiety w wieku poniżej 20 lat [25]. W niniejszej pracy najmłodsza kobieta miała 26 lat. W grupie studentek średnia wartość kąta halluxa w stopie prawej wynosiła 10°, a w stopie lewej 11°. Wydawać się może, że różnica w wartości kąta palucha koślawego między przedstawionymi doniesieniami wynika z wieku badanych. U młodszych kobiet średnia wartość kąta palucha koślawego była o około 25° mniejsza. W grupie z Hyogo Prefecture jak i w grupie badanych kobiet z Krakowa różnica między kątem w lewej i prawej stopie była nieznaczna. Przytoczone badania wskazywały na małą przewagę wartości kąta w stopie lewej (o 10%). Omówiona zależność wymaga dalszych analiz; w szczególności zastanawiający jest powód takiego ukierunkowania deformacji.

Powszechnie uznawanym czynnikiem ryzyka wystąpienia palucha koślawego jest płaskostopie [26]. Najnowsze badania wskazują jednak na brak zależności między wskaźnikami płaskostopia czy zwiększonego nacisku stóp na podłoże a pojawieniem się palucha koślawego [27, 28]. Nowoczesna ocena płaskostopia bazuje na pomiarze nacisku stóp na podłoże, dlatego w pracy porównano średni i maksymalny nacisk oraz powierzchnię każdej ze stóp osobno dla grupy badanej i kontrolnej. Większe wartości odnotowano w każdym z parametrów w grupie kontrolnej. Największa procentowa różnica występowała między średnim naciskiem lewej stopy – w grupie kontrolnej średni nacisk był o 33% większy niż w grupie z paluchem koślawym. Najmniejszą różnicę odnotowano między średnią powierzchnią stóp prawych (tylko 2%). Kilmartin i wsp. wyodrębnili wśród swoich badanych grupę z paluchem koślawym oraz grupę kontrolną. Stwierdzili brak różnic w budowie łuku podłużnego stopy między badanymi grupami [27]. Wielu badaczy skupia się na dystrybucji nacisku jedynie pod paluchem koślawym oraz związku tego nacisku z jego występowaniem. Koller i wsp. stwierdzili istotne statystycznie korelacje (-0,301) między występowaniem palucha koślawego a naciskiem jego strony podeszwowej na podłoże oraz między powierzchnią kontaktu palucha a podłożem (-0,232) [28]. Martínez-Nova i wsp. wykazali istotne statystycznie różnice między grupą z paluchem koślawym a grupą kontrolną. Większa wartość nacisku stopy na podłoże występowała w grupie z paluchem koślawym – w stosunku do grupy kontrolnej zmierzona wartość była o 55% większa [29].

W dalszej części pracy dokonano analizy korelacji między wartościami kąta palucha koślawego a parametrami stabilometrycznymi i odbitek stóp w grupie

hallux angle in the left foot (by 10%). The discussed relationship needs further analysis. In particular, the reason of such a trend in this deformity is an intriguing matter.

Widely accepted risk factor of hallux valgus development is flat foot [26]. However the most recent studies show no correlation between the rates of flat foot or increased foot pressure on the ground and development of hallux valgus deformity [27, 28]. A modern assessment of the flat foot is based on the measurement of feet pressure on the ground, therefore in our work we have compared mean and maximum pressure and the surface area of each foot separately for the study and control groups. Higher values were noted for each parameter in the control group. The highest percentage difference was found for the mean pressure of the left foot – mean pressure was higher by 33% in the control group as compared to the hallux valgus group. The least difference was found for the mean surface area of the right feet (only 2%). Among examined subjects, Kilmartin et al. have distinguished the hallux valgus group and the control group. They found no differences in the anatomy of the longitudinal foot arch between the studied groups [27]. Many researchers focus on the pressure distribution limited to the area under the hallux valgus and on the relationship of this pressure with hallux valgus deformity occurrence. Koller et al. found statistically significant correlations (-0.301) between occurrence of hallux valgus and pressure of its plantar side on the ground and between the surface of the hallux contact area and the ground (-0,232) [28]. Martínez-Nova et al. showed statistically significant differences between the hallux valgus group and the control group. A higher value of foot pressure on the ground was found in the hallux valgus group - as compared to the control group, the measured value was 55% higher [29].

In a next part of the work, an analysis of correlations between the HVA values and stabilometric parameters and footprints parameters in the study group was performed. The most significant positive relationship was shown for maximum pressure of the left foot on the ground ( $p \leq 0.01$ ) and for the area of left foot sways ( $p \leq 0.05$ ). The value of hallux angle in the right lower extremities correlated significantly only with the coordinate of sways in the sagittal plane ( $p \leq 0.05$ ). The study of Hiroto et al. was based on a search for relationships between the value of the hallux angle and pain and daily life activities [25]. The authors found no relationship between the flat foot and the value of the hallux valgus angle ( $p = 0.1$ ), no relationship between wearing high-heel shoes and type of physical activity and the value of the hallux valgus angle, as well as between the body weight and the value of the hallux valgus angle ( $p = 0.846$ ). They found significant relationships only for the foot pain that worsened along with the increase of the hallux angle ( $p < 0.001$ ) and relationship between positive family history of hallux valgus and the value of the hallux angle ( $p < 0.001$ ). In an inter-

badawczej. Najbardziej istotny dodatni związek wykazano z maksymalnym naciskiem lewej stopy na podłoże ( $p \leq 0,01$ ) oraz powierzchnią wychwian lewej stopy ( $p \leq 0,05$ ). Wartość kąta palucha koślawego prawych kończyn dolnych korelowała tylko istotnie ze współrzędną wychwian w płaszczyźnie strzałkowej ( $p \leq 0,05$ ). Badania Hiroto i wsp. opierały się na szukaniu związków między wielkością kąta palucha koślawego a dolegliwościami bólowymi i czynnościami życia codziennego [25]. Autorzy stwierdzili brak związków między płaskostopiem, a wielkością kąta palucha koślawego ( $p=0,1$ ), brak związku pomiędzy noszeniem obuwia na wysokim obcasie i uprawianą aktywnością fizyczną a wielkością kąta palucha koślawego oraz między masą ciała a wielkością kąta palucha koślawego ( $p=0,846$ ). Istotne związki wykazali jedynie z bólem stóp, który był większy wraz ze wzrostem kąta palucha koślawego ( $p < 0,001$ ) oraz między występowaniem palucha koślawego w historii rodziny a wielkością jego kąta ( $p < 0,001$ ). Badane kobiety w wywiadzie przeprowadzonym dla potrzeb niniejszej pracy wskazywały na duże dolegliwości bólowe i ograniczenia funkcjonalne stóp.

Koślawość palucha jest problemem społecznym wśród kobiet; zniekształcenie to niesie za sobą duże konsekwencje posturalne. Fizjoterapia koślawości palucha jest bardzo ograniczona, co zmusza większość kobiet do leczenia operacyjnego. Możliwe, że poprawa stabilności postawy miałaby działanie profilaktyczne, a nawet lecznicze. Sugeruje się rozszerzenie badań na temat zależności stabilności posturalnej i deformacji stóp.

## Wnioski

1. Stwierdzono występowanie statystycznie istotnych różnic między wartościami parametrów stabilometrycznych kobiet z deformacją stóp i zdrowych.
2. Stwierdzono międzygrupowe występowanie statystycznie istotnych różnic między wartościami parametrów odbitek stóp, jak średni nacisk lewej stopy i średni nacisk prawej stopy.
3. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic między wartościami kąta palucha koślawego stóp lewych i prawych kobiet w grupie badawczej.
4. W grupie badawczej stwierdzono statystycznie istotne związki między wartościami kąta palucha koślawego a niektórymi parametrami stabilometrycznymi i odbitek stóp.

view performed for the needs of this work the examined women pointed to pain of significant severity and foot function limitations.

The hallux valgus deformity is a [major] social problem among women; this deformity brings significant postural consequences. Physiotherapy of the hallux valgus deformity is very limited, which forces the majority of women to undergo a surgery. Improvement of posture stability might have a prophylactic or even therapeutic effect. Further research on the relationship between postural stability and foot deformities is suggested.

## Conclusions

1. The study has showed statistically significant differences as far as stabilometric parameters between the women with hallux valgus and the healthy subjects are considered.
2. Statistically significant intergroup differences were found in the values of footprint parameters as well as in the mean pressure of the left foot and in the mean pressure of the right foot.
3. No statistically significant differences were found between the values of the hallux angle of the left and right feet of the women from the study group.
4. Statistically significant correlations in the study group between the HVA values and some stabilometric parameters and footprint parameters were found in the study group.

## Bibliografia / Bibliography

1. Hagedorn TJ, Dufour AB, Riskowski JL et al. Foot Disorders, Foot Posture and Foot Function: The Framingham foot study. *PLoS One* 2013;8(9):1-7.
2. Greenberg L, Davis H. Foot problems in the US. The 1990 National Health Interview Survey. *J Am Podiatr Med Assoc* 1993;83(8):475-483.
3. Dufour AB, Broe KE, Nguyen US et al. Foot pain: is current or past footwear a factor? *Arthritis Rheum* 2009;61(10):1352-1358.
4. Ajis A, Koti M, Maffulli N. Tailor's bunion: a review. *J Foot Ankle Surg* 2005; 44:236-245.
5. Badlissi F, Dunn JE, Link CL et al. Foot Musculoskeletal Disorders, Pain, and Foot-Related Functional Limitation in Older Persons. *J Am Geriatr Soc* 2005;53:1029-1033.
6. Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Jordan JM. Racial differences in foot disorders and foot type. The Johnston County Osteoarthritis Project. *Arthritis Care Res* 2012;4(11):1756-1759.

7. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006;61:866-870.
8. Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR. ISB Clinical Biomechanics award 2009: toe weakness and deformity increase the risk of falls in older people. *Clin Biomech* 2009;24:787-791.
9. Bingold AC, Collins DH. Hallux rigidus. *J Bone Joint Surg Br* 1950;32(2): 214-222.
10. Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus--etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop* 1981;157:31-41.
11. McCluskey WP, Lovell WW, Cummings RJ. The cavovarus foot deformity. Etiology and management. *Clin Orthop* 1989;247:27-37.
12. Menz HB. *Foot Problems in Older People: Assessment and Management*. Wydawnictwo Elsevier, New York 2008;257.
13. Hart ES, de Asla RJ, Grottkau BE. Current concepts in the treatment of hallux valgus. *J Orthop Nurs* 2008;27:274-282.
14. Ferrari J, Higgins JPT, Williams RL. Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2000.
15. Tanamas SK, Wluka AE, Berry P et al. Relationship between obesity and foot pain and its association with fat mass, fat distribution, and muscle mass. *Arthritis Care Res* 2012;64:262-268.
16. Vanore JV, Christensen JC, Kravitz SR et al. Diagnosis and Treatment of First Metatarsophalangeal Joint Disorders. Section 1: Hallux Valgus. *J Foot Ankle Surg* 2003;42(3):112-123.
17. Bennett PJ, Patterson C, Wearing S, Baglioni T. Development and Validation of a questionnaire designed to measure foot-health status. *J Am Podiatr Med Assoc* 1998; 88:419-428.
18. Błaszczyk JW, Michalski A. Ageing and postural stability. *Stud Phys Cult Tourism* 2006;13:11-14.
19. Souchard P. *Rééducation posturale globale*. Wydawnictwo Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés 2011;39-42.
20. Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, McNicholas M. A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *Knee* 2009;16(2):149-52.
21. Akbari M, Karimi H, Farahini H, Faghihzadeh S. Balance problems after unilateral lateral ankle sprains. *J Rehabil Res Dev* 2006;43(7):819-24.
22. Stanisław, A. *Wstępny kurs statystyki*. StatSoft, Kraków 1998.
23. Spink MJ, Fotooha MR. Foot and Ankle Strength, Range of Motion, Posture, and Deformity Are Associated With Balance and Functional Ability in Older Adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:68-75.
24. Drzał-Grabiec J, Rachwał M, Trzaskoma Z i wsp. The foot deformity versus postural control in females aged over 65 years. *Acta Bioeng Biomech* 2014;16(4):73-80.
25. Hiroto O, Sachiko J, Ai U, Tomohiro M, Masayuki S. Factors Related to Prevalence of Hallux Valgus in Female University Students: A Cross-Sectional Study. *J Epidem* 2014;24(3):200-208.
26. Galica AM, Hagedorn TJ, Dufour AB et al. Hallux valgus and plantar pressure loading: the Framingham foot study. *J Foot Ankle Res* 2013;6(1):42.
27. Kilmartin TE, Wallace WA. The Significance of Pes Planus in Juvenile Hallux Valgus. *Foot Ankle Int* 1992;13(2):53-56.
28. Koller U, Willegger M, Windhager R et al. Pressure Characteristics in Hallux Valgus Feet. *J Orthop Res* 2014;32(12):1688-1694.
29. Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez RL, Pérez-Soriano P, Llana-Belloch S, Leal-Muro A, Pedrera-Zamorano JD. Plantar pressures determinants in mild Hallux Valgus. *Gait Posture* 2010;32(3):425-427.