



# Hallux valgus in pedobarographic evaluation

## Paluch koślawy stóp w ocenie pedobarograficznej

Elżbieta Szczygieł<sup>1</sup>, Katarzyna Gajda<sup>1</sup>,  
Joanna Golec<sup>1,2</sup>, Aneta Bac<sup>2</sup>, Anna  
Marchewka<sup>2</sup>, Jerzy Walocho<sup>3</sup>,  
Edward Golec<sup>2,4,5</sup>

<sup>1</sup> Zakład Fizjoterapii Instytutu  
Fizjoterapii Wydziału Nauk o Zdrowiu  
Uniwersytetu Jagiellońskiego Colle-  
gium Medium, Kraków, Polska

<sup>2</sup> Zakład Rehabilitacji w Ortopedii  
Katedry Rehabilitacji Ruchowej  
Akademii Wychowania Fizycznego im.  
Bronisława Czecha, Kraków, Polska

<sup>3</sup> Katedra i Zakład Anatomii Uniwersy-  
tetu Jagiellońskiego Collegium  
Medium, Kraków, Polska

<sup>4</sup> Zakład Podstaw Fizjoterapii Wydziału  
Fizjoterapii Wyższej Szkoły Administracji,  
Bielsko-Biała, Polska

<sup>5</sup> Klinika Chirurgii Urazowej  
i Ortopedii 5. Wojskowego Szpitala  
Klinicznego z Polikliniką Samodzielny  
Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej,  
Kraków, Polska

Address for correspondence/  
Adres do korespondencji:  
dr Elżbieta Szczygieł,  
Zakład Fizjoterapii Instytutu Fizjoterapii  
Wydział Nauk o Zdrowiu Collegium  
Medium Uniwersytet Jagielloński,  
ul. Michałowskiego 12,  
31-126 Kraków, Polska  
tel. +48609937736,  
email: elzbietasz@gmail.com

Received: 23.03.2010  
Accepted: 10.04.2010  
Published: 05.04.2011

### STATISTIC STATYSTYKA

Word count Liczba słów	2650/2131
Tables Tabele	2
Figures Ryciny	5
References Piśmiennictwo	25

Original article/Artykuł oryginalny

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 2 (22) 2011

### Summary

**Introduction.** Due to its multifactorial and still partially obscure aetiology, hallux valgus represents a significant diagnostic and treatment problem. Most often, conservative treatment does not bring the expected results, however, if undertaken early, it may curb further deformation. If secondary anatomical changes are present, surgery is the best treatment method. Many authors emphasise that an important factor in the progress of the disease is incorrect distribution of pressure on the instep. In consequence, pedobarographic examinations, which allow for early detection of possible malfunctions, are increasingly often used in diagnostic and prognostic assessment of feet with hallux valgus.

**Objective.** The study aims to present a comparative analysis of the distribution of pressure on the instep of feet with abnormal inward leaning of the great toe, and healthy feet.

**Research material and method.** The study was conducted on a group of 37 people (70 feet) diagnosed with hallux valgus. They were compared with a control group of 10 people (20 feet), meeting all the criteria valid for healthy feet.

The examination of the distribution of instep pressure was performed using a PEL 39 pedobarographic platform. In order to analyse the distribution of pressure, the feet were divided into Kernozek zones. The results obtained in the course of the pedobarographic examinations were analysed on the basis of the following criteria of a transverse foot arch: FF2 < FF1 and FF3; for oblong arch M < H and M < FF1, FF2, FF3; for three points of support for the foot: the maximum pressure values had to be highest below the heel in the H zone and at the same time, conditions for the oblong and transverse arches also had to be met.

**Results.** The results obtained in the study ascertained that in a group of 70 feet with hallux valgus, 61 feet did not meet the criteria for a transverse arch of the foot. In the case of 37 of the examined feet, the correct oblong arch was not present. As many as 68 feet did not have three points of support.

**Conclusions.** 1. When compared with healthy feet, feet with hallux valgus exhibit a different distribution of pressure on the instep; the pressure is significantly higher below the head of the 2nd and 3rd metatarsal bones. 2. A vast majority of the feet studied that had bunion deformities do not meet the criteria for transverse and oblong arches or have a system of three points of support.

**Key words:** hallux valgus, pedobarographic examination, acquired feet defects

### Streszczenie

**Wstęp.** Paluch koślawy ze względu na swoją wieloczynnikową, nie do końca poznaną etiologię stanowi znaczny problem zarówno diagnostyczny jak i leczniczy. Leczenie zachowawcze zazwyczaj nie przynosi oczekiwanych efektów. Jednak rozpoczęte wcześniej może zahamować dalszą deformację, przy istniejących już wtórnych zmianach anatomicznych stosowane jest leczenie chirurgiczne. Wielu autorów podkreśla, że w rozwoju tego schorzenia istotną rolę odgrywa nieprawidłowa dystrybucja nacisków na powierzchni podszwowej stóp. Z tego względu badania pedobarograficzne umożliwiające wczesne wykrywanie zaburzenia funkcji coraz częściej stosowane są w ocenie diagnostyczno- prognostycznej stóp koślawym ustawieniem palucha.

**Cel pracy.** Celem pracy była analiza porównawcza dystrybucji nacisków na powierzchni podszwowej stóp z koślawym ustawieniem palucha oraz stóp prawidłowych.

**Materiał badawczy i metoda.** Materiał badawczy stanowiło 37 osób (70 stóp) z klinicznie zdiagnozowanym paluchem koślawym. Osoby te zostały porównane z grupą kontrolną stanowiącą 10 osób (20 stóp), spełniających kryteria stóp prawidłowych.

Badanie rozkładu nacisków na podszwowej stronie stóp zostało przeprowadzone przy użyciu platformy pedobarograficznej PEL 38. W celu analizy rozkładu nacisków, dokonano podziału stóp na strefy wg Kernozeka. Uzyskane pod wpływem badania pedobarograficznego wyniki przeanalizowano na podstawie następujących kryteriów dla sklepienia poprzecznego: FF2 < FF1 i FF3; dla sklepienia podłużnego M < H oraz M < FF1, FF2, FF3; dla trójpunktowego systemu podparcia: wartości nacisków maksymalnych musiały być największe pod piętaw strefie H i równocześnie musiały być spełnione warunki dla sklepienia podłużnego i poprzecznego.

*Wyniki.* Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, iż w grupie 70 stóp z paluchem koślawym 61 stóp nie spełniło kryteriów dla sklepienia poprzecznego stopy. W przypadku 37 stóp badanych nie stwierdzono występowania prawidłowego wysklepienia podłużnego stopy. Aż 68 stóp nie spełnia kryteriów trójpunktowego systemu podparcia.

*Wnioski.* Stopy z koślawym ustawieniem palucha w porównaniu do stóp prawidłowych, przedstawiają odmienny rozkład nacisków na powierzchni podeszwy, cechują je zdecydowanie większe wartości nacisków pod głową II i III kości śródstopia. Zdecydowana większość badanych stóp z koślawym ustawieniem palucha nie spełnia kryteriów dla sklepienia poprzecznego, podłużnego i trójpunktowego systemu podparcia.

**Słowa kluczowe:** paluch koślawy, badanie pedobarograficzne, wady nabyte stóp

## INTRODUCTION

Hallux valgus as a defect affects 30% of the population [1]. As its aetiology depends on several factors and is not entirely known, hallux valgus poses a significant problem both in terms of its diagnosis and treatment [2]. Conservative treatment usually fails to bring expected results. Such treatment is restricted to elimination of pain symptoms by wearing footwear with a broad toe cap and application of corrective materials inserted between the 1st and 2nd toes, as well as various physical procedures [3,4]. Commenced early enough, this treatment can suppress further deformation. However, if secondary anatomical changes occur, surgical treatment is performed [5,6]. Basic diagnostic methods such as clinical or radiological examination can effectively contribute to assessment of deformities in anatomical structure, but they do not provide the information necessary for functional evaluation of the foot. Many researchers emphasise the improper distribution of pressures at the plantar surface as a factor playing an important role in development of the disorder [7,8]. Knowledge of the principles of pressure distribution in normal feet permits evaluation of feet affected with hallux valgus. Due to this fact, pedobarographic tests permitting diagnosis of disorders at the stage of function are conducted increasingly often as part of the diagnostic and prognostic assessment of hallux valgus feet.

The objective of this study was to conduct a comparative analysis of pressure distribution across the plantar surface of feet affected with hallux valgus and normal feet, and in particular to find answers to such questions as:

1. Are there any differences in pressure distribution on the plantar side of the foot between patients with hallux valgus and those with normal feet?
2. Do the feet with hallux valgus have properly developed longitudinal and transverse arches and do they meet the three-point support criteria?

## RESEARCH MATERIAL AND METHOD

Research material consisted of 37 people (70 feet) with clinically diagnosed hallux valgus, including 34 females and 4 males, who accounted for, respectively, 91.9% and 8.1% of the total. The age of the examined ranged from 53 to 87, while their mean age was 69.4 years. 33 people suffered hallux valgus on both feet, with 4 people

## WSTĘP

Paluchy koślawe, jako wada dotycząca aż 30 % populacji [1]. Ponadto z uwagi na swoją wieloczynnikową, nie do końca poznaną etiologię stanowią znaczny problem tak diagnostyczny jak i leczniczy [2]. Leczenie zachowawcze zazwyczaj nie przynosi oczekiwanych efektów. Najczęściej ogranicza się do wyeliminowania dolegliwości bólowych poprzez noszenie obuwia o szerokim czubku lub stosowanie materiałów korekcyjnych zakładanych pomiędzy I i II palec stopy i zabiegów fizykalnych [3,4]. Rozpoczęte wcześniej może zahamować dalszą deformację. Jednak przy istniejących wtórnych zmianach anatomicznych stosowane jest leczenie chirurgiczne [5,6]. Podstawowe metody diagnostyczne takie jak badanie kliniczne i radiologiczne są skuteczne w ocenie niekształceń w budowie anatomicznej, jednak nie dostarczają informacji niezbędnych do oceny funkcji stopy. Wielu autorów podkreśla, że w rozwoju tego schorzenia istotną rolę odgrywa nieprawidłowa dystrybucja nacisków na powierzchni podeszwy stóp [7,8]. Znajomość zasad rozkładu nacisków w stopach prawidłowych pozwala na ocenę stóp z paluchami koślawymi. Z tego też względu badania pedobarograficzne umożliwiające wykrycie zaburzeń na etapie funkcji coraz częściej stosowane są w ocenie diagnostyczno-prognostycznej stóp z koślawym ustawieniem palucha.

Celem pracy była analiza porównawcza dystrybucji nacisków na powierzchni podeszwy stóp z koślawym ustawieniem palucha oraz stóp prawidłowych, a w szczególności uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy istnieją różnice dystrybucji nacisków na podeszwy stóp, między osobami z koślawą deformacją palucha, a osobami o stopach prawidłowych?
2. Czy stopy z paluchem koślawym posiadają prawidłowo ukształtowane sklepienie poprzeczne i podłużne oraz czy spełniają kryteria trójpunktowego systemu podparcia.

## MATERIAŁ BADAWCZY I METODA

Materiał badawczy stanowiło 37 osób (70 stóp) z klinicznie zdiagnozowanym paluchem koślawym, w tym 34 kobiety stanowiące 91,9% i 4 mężczyzn czyli 8,1% ogółu badanych. Wiek badanych zamykał się w przedziale od 53 do 87 lat, a jego średnia wynosiła 69,4 lat. U 33 osób

having one-sided hallux valgus (10.8%). Those people were compared with the control group of 10 people (20 feet) meeting normal feet criteria. This group included 6 women (60% of the total) and 4 men (40% of the total) from the comparative group. The age of the examined ranged from 13 to 79, while mean age was 42.8. (See Pic 1).

Assessment of pressure distribution across the plantar side of the foot was conducted for 30 seconds under static conditions with a PEL 38 pedobarographic platform. For the purpose of precise analysis of pressure distribution, feet were divided into zones, with Kernozek's division of the plantar surface used in this research. This division includes 7 anatomical zones, thus allowing evaluation of pressures in the three-point support system characteristic of normal feet. The "T" zone is located beneath the big toes; the "TT" zone – under the other toes; the "FF1" zone – under the head of the 1st metatarsal bone; the "FF2" zone – under the heads of the 2nd and 3rd metatarsal bones; the "FF3" zone – under the heads of the 4th and 5th metatarsal bones; the "M" zone – below the instep, and the "H" zone – under the heel [9]. The results obtained in the course of pedobarographic evaluation were then analysed on the basis of the following criteria [10]:

1. For the1 traverse arch, the maximum values of the pressures in the middle part of the forefoot (FF2 zone) had to be lower than those in the medial part (FF2 zone) and the lateral part of the forefoot (FF3 zone)  $FF2 < FF1$  and  $FF3$ ;
2. For the longitudinal arch, maximum pressure values at the instep had to be lower than those located both below the heel (H zone), and at the forefoot (FF1, FF2, FF3 zones)  $M < H$  and  $M < FF1$ ,  $FF2$  and  $FF3$ ;
3. For the three-point support system, the maximum pressure values had to be the highest below the heel (H zone), and the criteria specified for the longitudinal and traverse arch had to be fulfilled  $H > M$ ,  $FF1$ ,  $FF2$ ,  $FF3$  and  $M < H$  and  $M < FF1$ ,  $FF2$  and  $FF3$ , and  $FF2 < FF1$  and  $FF3$  [10].

## RESULTS

On the basis of the analysis of the distribution of maximum pressure values, it was concluded that the highest values in the foot are located below the heel, both in the group with normal feet and the feet with hallux valgus. The results of forefoot examination in both groups proved to be divergent, showing that the highest pressures in this section of the foot in the group with hallux valgus occur in the FF2 zone. Furthermore, we observed that pressures below the 1st head of the metatarsal bones were lower than in normal feet. In the case of the comparative group, the highest pressure values occurred below the head of the 1st metatarsal bone and below heads 4 and 5, i.e. the FF1 and FF3 zones.

Further differences in distribution of pressures between both groups were found in FF2, M and H zones. In the case of the feet with hallux valgus, the values of pressures in those areas were higher.

(89,2%) hallux valgus występował obustronnie, a u 4 osób (10,8%) jednostronnie. Osoby te zostały porównane z grupą kontrolną stanowiącą 10 osób (20 stóp), spełniających kryteria stóp prawidłowych. W grupie tej znalazło się 6 kobiet (60% ogółu) i 4 mężczyzn (40% ogółu) z grupy porównawczej. Badani mieli od 13 do 79 lat, średnia wieku wynosiła 42,8 lat (Ryc. 1).

Badanie rozkładu nacisków na podszwowej stronie stóp zostało przeprowadzone w czasie 30 sek. przy użyciu platformy pedobarograficznej PEL 38, w warunkach statycznych. W celu dokładnej analizy rozkładu nacisków, dokonano podziału stóp na strefy. Do badania wykorzystano podział powierzchni podszwowej Kernozeka. Uwzględnia on 7 stref anatomicznych pozwalając tym samym na ocenę nacisków w trójpunktowym systemie podparcia charakteryzującym stopy prawidłowe. Strefa T znajduje się pod paluchem, strefa TT pod pozostałymi palcami, strefa FF1 pod głową I kości śródstopia, strefa FF2 pod głowami II i III kości śródstopia, strefa FF3 pod głowami IV i V kości śródstopia, strefa M znajdująca się pod śródstopiem oraz strefa H pod piętą [9]. Uzyskane pod wpływem badania pedobarograficznego wyniki przeanalizowano na podstawie następujących kryteriów [10]:

1. dla sklepienia poprzecznego wartości maksymalnych nacisków w środkowej części przodostopia (strefa FF2) musiały być mniejsze od wartości w części przyśrodkowej (strefa FF1) i bocznej przodostopia (strefa FF3)  $FF2 < FF1$  i  $FF3$ ;
2. dla sklepienia podłużnego wartości maksymalnych nacisków w śródstopiu (strefa M) musiały być mniejsze od wartości maksymalnych nacisków zlokalizowanych zarówno pod piętą (strefa H) jak i w przodostopiu (strefa FF1, FF2, FF3)  $M < H$  i  $M < FF1$ ,  $FF2$  i  $FF3$ ;
3. dla trójpunktowego podparcia wartości maksymalnych nacisków musiały być największe pod piętą (strefa H) oraz musiały być spełnione warunki opisane dla sklepienia podłużnego i poprzecznego  $H > M$ ,  $FF1$ ,  $FF2$ ,  $FF3$  i  $M < H$  i  $M < FF1$ ,  $FF2$  i  $FF3$  oraz  $FF2 < FF1$  i  $FF3$  [10].

## WYNIKI

W oparciu o analizę rozkładu wartości maksymalnych nacisków stwierdzono, że największe wartości nacisków w stopie lokalizują się pod piętą i to zarówno w grupie stóp prawidłowych jak i stóp z koślawym ustawieniem palucha. Wyniki badań przodostopia okazały się rozbieżne dla obu grup. Wykazały, że w tej części stopy największe naciski w grupie z koślawym paluchem są zlokalizowane w strefie FF2. Ponadto w porównaniu do stóp prawidłowych zaobserwowano redukcję nacisków pod I głową kości śródstopia. W przypadku grupy porównawczej największe naciski znajdowały się pod głową I kości śródstopia oraz pod głowami IV i V, czyli strefy FF1 i FF3.

Kolejne różnice w rozkładzie nacisków pomiędzy grupami obserwowane były w strefach FF2, M i H. W przypadku stóp z paluchem koślawym wartości nacisków w tych obszarach wykazywały wyższe wartości.

Distribution of maximum pressures in particular pressure zones for the feet with hallux valgus and the normal feet. (See Pic 2. and Table 1. and 2).

In statistical analysis of the differences in distribution of maximum pressures within particular zones between the feet with hallux valgus and normal feet, calculations using the Kruksal-Wallis analysis of variance by ranks (with the level of significance set at  $p < 0.05$ ) showed no statistically significant differences in distribution of maximum pressures across the plantar side of the feet in the T, TT, FF1, FF3, M and H zones. However, the distribution of pressures in the FF2 zone, also analysed with the Kruksal-Wallis rank test (with the significance coefficient set as  $p < 0.05$ ) showed a statistically significant difference between the feet with hallux valgus and normal feet. (See Graph 1 and Graph 2).

In statistical analysis of the dependence of distribution of maximum pressures in particular zones on the age of people with hallux valgus, the Spearman test was used to test the correlation between the ages of patients affected with hallux valgus and the distribution of pressures across the plantar side of the feet. Adopting the level of significance of  $p < 0.05$ , it was shown that age

Rozmieszczenie maksymalnych nacisków w poszczególnych strefach obciążeń dla stóp z koślawym ustawieniem palucha i stóp prawidłowych, (Rycina 2 oraz Tabela 1 i 2).

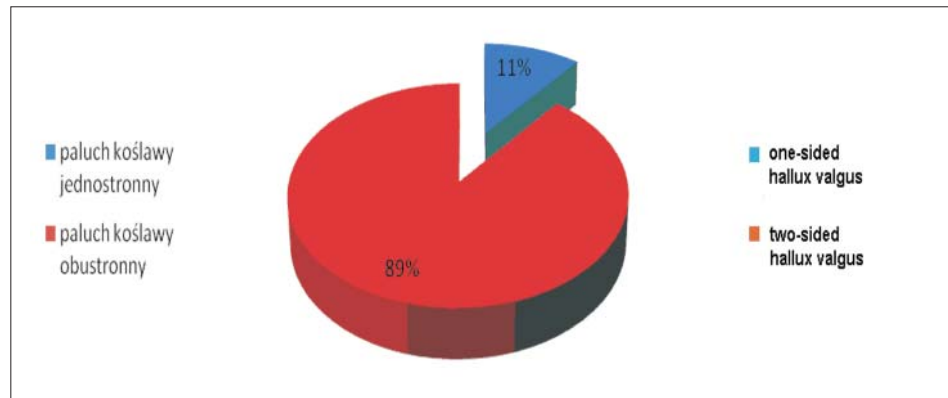
Analiza statystyczna różnic rozkładu maksymalnych nacisków w poszczególnych strefach między stopami z paluchem koślawym, a stopami prawidłowymi.

Obliczenia z wykorzystaniem testu rang Kruskala-Wallisa (przyjmując za poziom istotności  $p < 0,05$ ) nie wykazały w strefach T, TT, FF1, FF3, M i H statystycznie istotnych różnic w rozkładzie maksymalnych nacisków na podszwowej stronie stóp. Natomiast rozkład nacisków w strefie FF2 także przeanalizowany testem rang Kruskala-Wallisa między stopami z koślawym ustawieniem palucha, a prawidłowymi, (przyjmując za współczynnik istotności  $p < 0.05$ ) wykazuje istotną statystycznie różnicę. (Wykres 1 i 2).

Analiza statystyczna zależności rozkładu maksymalnych nacisków w poszczególnych strefach od wieku osób z koślawym ustawieniem palucha.

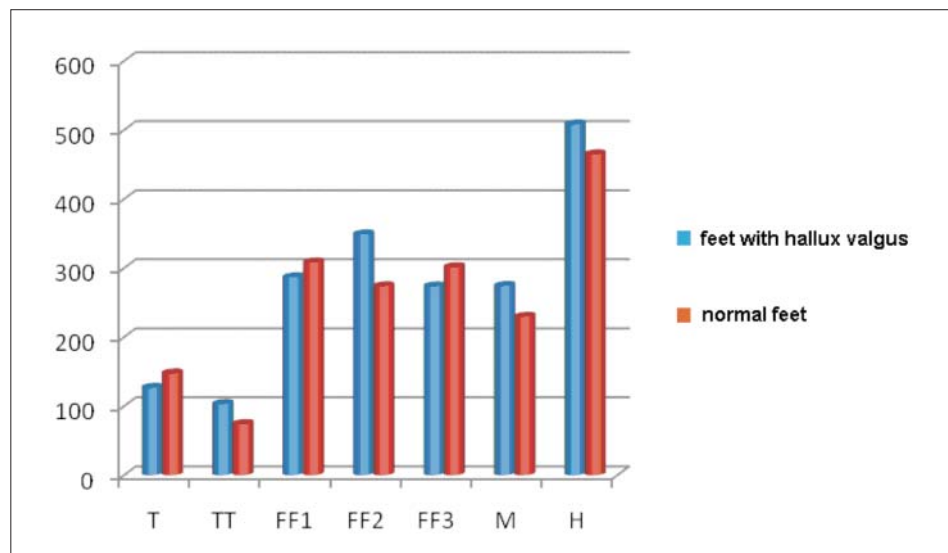
Przy pomocy testu Spearmana poszukiwano wpływu wieku pacjentów z koślawym ustawieniem palucha na rozkład nacisków na podszwowej stronie stóp. Przyjmu-

**Fig. 1.** Percentage occurrence of one-sided and two-sided hallux valgus in the examined



**Fig. 2.** Specification of mean values of maximum pressures for feet with hallux valgus and normal feet

**Ryc. 2.** Zestawienie średnich wartości maksymalnych nacisków stóp z koślawym ustawieniem palucha i stóp prawidłowych



has no significant influence on distribution of plantar pressures.

The correlation between distribution of maximum pressures, particularly in loading zones for right and left feet with hallux valgus, were also tested. The difference in distribution of pressures could point to asymmetry of pressures. A statistical significance of  $p < 0.005$  was adopted, and the Wilcoxon signed-rank test revealed statistically significant differences in distribution of pressures in the FF2 and H zones between right and left feet with hallux valgus. However, in the case of people with normal feet, no statistically significant

jąc poziom istotności  $p < 0.05$  wykazano, że w żadnej ze stref obciążeń wiek nie ma istotnego wpływu na rozkład nacisków podstopnych.

Zbadana została także zależność pomiędzy rozkładem maksymalnych nacisków w poszczególnych strefach obciążeń dla prawych i lewych stóp koślawym ustawieniem palucha. Różnica w rozkładzie nacisków wskazywać mogłaby na asymetrię obciążeń. Za współczynnik istotności statystycznej uznano  $p < 0.005$ . Test kolejności par Wilcozona wykazał, że istnieją statystycznie znamienne różnice w rozkładzie obciążeń w strefie FF2 i H między prawymi i lewymi stopami paluchem koślawym.

**Tab. 1.** Mean maximum pressures in particular zones, given in  $g/cm^2$  for feet with hallux valgus

Mean maximum pressures in particular zones, given in $g/cm^2$ for feet with hallux valgus				
Zone	Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation
T	126.9429	0.0000	321.0000	91.7357
TT	103.4000	0.0000	244.0000	56.8528
FF1	286.9571	144.0000	492.0000	58.6845
FF2	349.0000	212.0000	607.0000	74.5174
FF3	273.7000	149.0000	419.0000	60.4278
M	274.3857	56.0000	471.0000	70.7747
H	508.4286	313.0000	751.0000	72.8884

**Tab. 1.** Średnie naciski maksymalne w poszczególnych strefach w  $g/cm^2$  dla stóp z koślawym ustawieniem palucha

Średnie naciski maksymalne w poszczególnych strefach w $g/cm^2$ dla stóp z koślawym ustawieniem palucha				
Strefa	Średnia	Minimum	Maksimum	Odech. Std.
T	126,9429	0,0000	321,0000	91,7357
TT	103,4000	0,0000	244,0000	56,8528
FF1	286,9571	144,0000	492,0000	58,6845
FF2	349,0000	212,0000	607,0000	74,5174
FF3	273,7000	149,0000	419,0000	60,4278
M	274,3857	56,0000	471,0000	70,7747
H	508,4286	313,0000	751,0000	72,8884

**Tab. 2.** Mean maximum pressures in particular zones given in  $g/cm^2$  for normal feet

Mean maximum pressures in particular zones given in $g/cm^2$ for normal feet				
Zone	Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation
T	147.7500	0.0000	303.0000	92.69751
TT	74.3500	0.0000	208.0000	85.92547
FF1	308.3000	172.0000	430.0000	68.13694
FF2	273.7500	163.0000	365.0000	53.97648
FF3	301.5500	208.0000	390.0000	50.93905
M	229.7000	123.0000	318.0000	63.50723
H	464.9500	327.0000	613.0000	85.42986

**Tab. 2.** Średnie naciski maksymalne w poszczególnych strefach w  $g/cm^2$  dla stóp prawidłowych

Średnie naciski maksymalne w poszczególnych strefach w $g/cm^2$ dla stóp prawidłowych				
Strefa	Średnia	Minimum	Maksimum	Odech. Std.
T	147,7500	0,0000	303,0000	92,69751
TT	74,3500	0,0000	208,0000	85,92547
FF1	308,3000	172,0000	430,0000	68,13694
FF2	273,7500	163,0000	365,0000	53,97648
FF3	301,5500	208,0000	390,0000	50,93905
M	229,7000	123,0000	318,0000	63,50723
H	464,9500	327,0000	613,0000	85,42986

differences in distribution of pressure in any pressure zone were found.

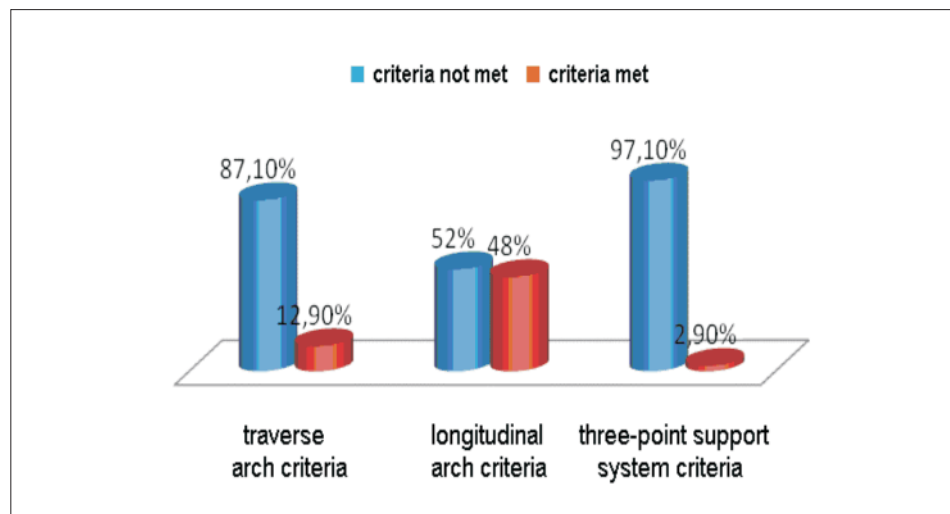
Results obtained from the pedobarographic examination of transverse arch, longitudinal arch and three-point support systems permitted the conclusion that in the group of 70 people with hallux valgus, 61 people (87.1% of the total) did not meet the criteria for the transverse arch. This group included 27 right feet (44.3%) and 34 left feet (55.7%). In the case of 37 feet, i.e. 52% of those examined, no normal longitudinal arch was found. This group included 17 left feet (45.9%) and 20 right feet (54.1%). As many as 68 feet (97.1%) did not meet the three-point support system criteria; for 36 left feet, accounting for 52.9%, and 32 right feet (47.1%). (See Pic 3).

Natomiast w przypadku osób o stopach prawidłowych nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic rozkładu nacisków w żadnej ze stref nacisku.

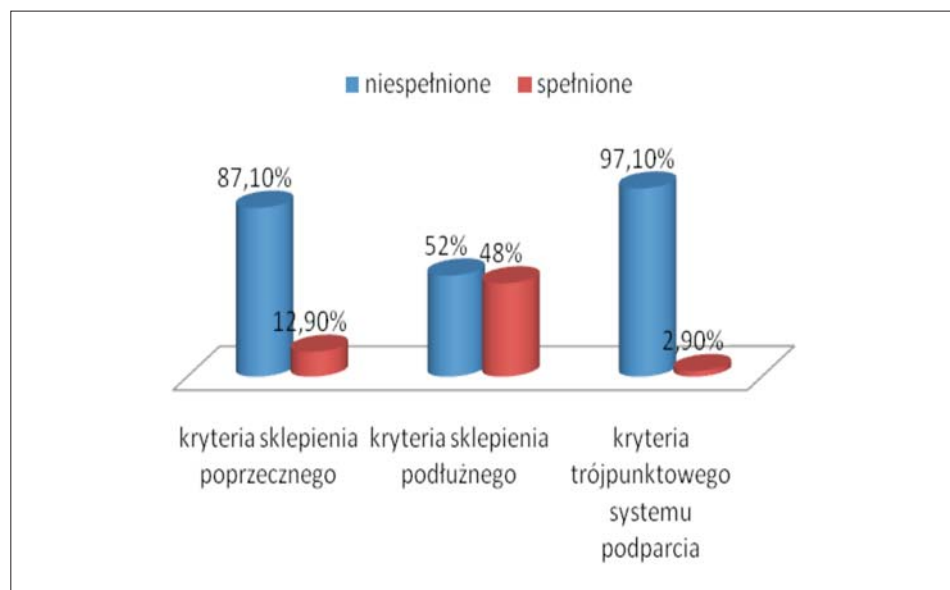
Wyniki badania pedobarograficznego dla sklepienia poprzecznego stopy, podłużnego stopy oraz dla trójpunktowego systemu podparcia.

Uzyskane w badaniu pedobarograficznym wyniki pozwoliły stwierdzić, iż w grupie 70 stóp z paluchem koślawym 61 stóp nie spełniło kryteriów dla sklepienia poprzecznego stopy, co stanowi 87,1% ogółu. W grupie tej znalazło się 27 stóp prawych (44,3%) oraz 34 stopy lewe (55,7%). W przypadku 37 stóp, czyli u 52% badanych nie stwierdzono występowania prawidłowego sklepienia podłużnego stopy. W grupie tej znalazło się 17 stóp lewych (45,9%) i 20 stóp prawych (54,1%). Aż 68 stóp (97,1%) nie spełnia kryteriów trójpunktowego systemu podparcia. Dotyczy to 36 lewych stóp stanowiących 52,9% i 32 prawych (47,1%). (Ryc. 3).

**Fig. 3.** Illustration of percentage distribution of the hallux valgus feet in terms of their meeting criteria for a transverse arch, longitudinal arch and three-point support system



**Ryc. 3.** Przedstawienie rozkładu procentowego stóp z koślawym ustawieniem palucha pod względem spełnienia kryteriów sklepienia poprzecznego, podłużnego i trójpunktowego podparcia



All feet from the comparative group met the criteria for a traverse arch, longitudinal arch and three-point support system.

## DISCUSSION

The human foot is a highly specialised apparatus that plays an exceptional role in the motion system. Correct anatomic structure of the foot conditions proper operation of its functions, locomotion, shock-absorption, and maintenance of stability while standing and walking. Simultaneous cooperation of foot joints with each other and with other body parts in the kinematic chain of the human motion system exposes the foot to a range of overloads leading to deformities. What is more, even insignificant deformities and irregularities in one foot imply changes in other components of the motion apparatus. These circumstances add great importance to the analysis of issues connected with foot irregularities. In this research, the focus was placed on hallux valgus.

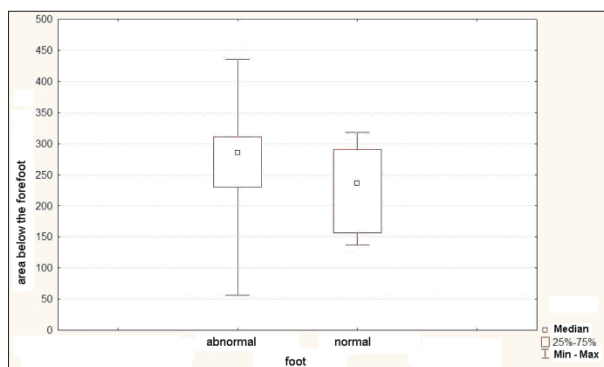
This kind of deformation predominantly concerns women. Findings by the authors of the present research overlap with those made by others. Women accounted for as much as 91.9 % of 37 examined patients. For instance, Piqué-Vidal et al report that women accounted for

Wszystkie stopy z grupy porównawczej spełniały kryteria sklepienia poprzecznego, podłużnego i trójpunktowego systemu podparcia.

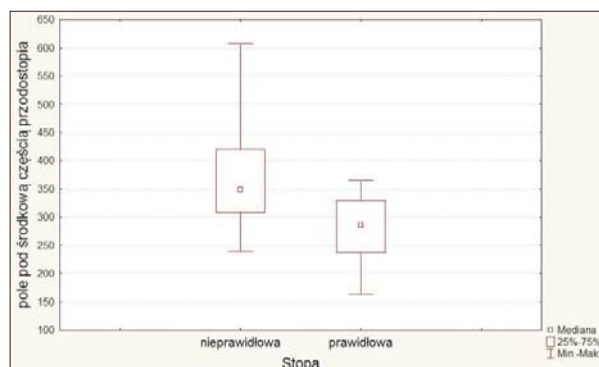
## DYSKUSJA

Stopa ludzka jako narząd o wysokim stopniu specjalizacji, pełni wyjątkową rolę w układzie ruchu. Jej prawidłowa budowa anatomiczna warunkuje poprawność pełnionych przez nią funkcji: lokomocji, amortyzacji, utrzymania stabilności podczas stania i chodu. Jednoczesne współdziałanie stawów stopy ze sobą oraz z innymi częściami ciała w łańcuchu kinematycznym układu ruchu człowieka naraża ją na szereg przeciążeń skutkujących deformacjami. Co więcej nawet niewielkie odkształcenia i nieprawidłowości w obrębie jednej części stopy, implikują zmiany pozostałych składowych narządu ruchu. Te okoliczności nadają analizie zagadnień związanych z nieprawidłowościami w obrębie stóp istotną wagę. W niniejszej pracy zdecydowano skoncentrować się na zaburzeniu jakim jest koślawe ustawienie palucha.

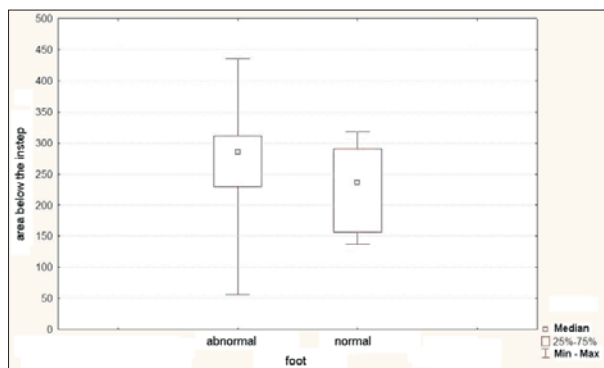
Deformacja ta zdecydowanie częściej dotyczy kobiet. Obserwacje autorów niniejszej pracy pokrywają się z doniesieniami innych. Wśród przebadanych 37 pacjentów aż 91,9% stanowiły kobiety. Piqué-Vidal i wsp.



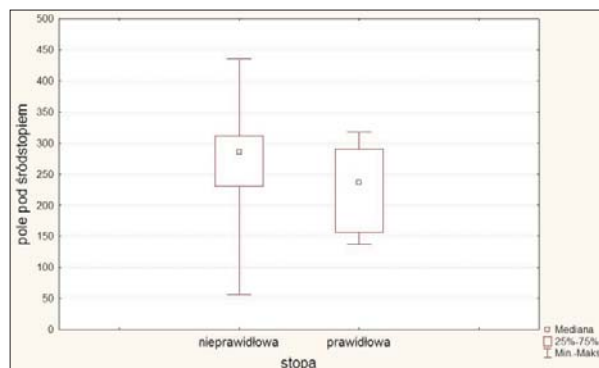
**Graph. 1.** Graphic interpretation of the Kruskal-Wallis rank test examining differences in pressure distribution in the FF2 zone between feet with hallux valgus and normal feet



**Wykres 1.** Interpretacja graficzna testu rang Kruskala-Wallisa badającego różnice rozkładu nacisków w strefie FF2 między stopami z paluchem koślawym, a stopami prawidłowymi



**Graph. 2.** Graphic interpretation of the Kruskal-Wallis rank test examining differences in pressure distribution in the M zone between feet with hallux valgus and normal feet



**Wykres 2.** Interpretacja graficzna testu rang Kruskala-Wallisa badającego różnice rozkładu nacisków w strefie M między stopami z paluchem koślawym, a stopami prawidłowymi

93.7% of 350 patients with hallux valgus participating in his research [11]. A questionnaire conducted by Roddy and collaborators among people with hallux valgus provided with basic medical aid confirms that the disorder in question shows a statistically significant correlation with the female gender [12].

Many authors observe that hallux valgus most frequently occurs on both sides. 92.3% of the patients examined by Piqué-Vidal and collaborators were affected with the deformity both in the left and right feet [11]. Also Coughlin and Jones, who performed radiological examination and research into the motion of the 1st ray of the foot demonstrated that most patients (84%) were affected with hallux valgus in both legs [13]. Results obtained in the present research are convergent: the majority of the examined patients (90.2%) also suffered hallux valgus in both legs.

For examination of hallux valgus, a number of research methods were used, including radiology, clinical examination and pedobarography. For examination of hallux valgus in the present research, the last method was used. This choice was not accidental, as this method permits precise evaluation of the function of the foot [10]. As Lorkowski argues, distribution of plantar pressures is a single-plane representation of the biomechanical function of the foot [14]. A similar view is voiced by Liu, claiming that biomechanical capacity of the foot is characterised just by distribution of pressures on its plantar side [15].

For more precise analysis of distribution of pressures on the plantar side of the foot, division into pressure zones has been employed: the most common divisions include those put forth by Blomgren [16], enabling examination of maximum pressures by means of 9 zones; Cavanagh [17], who divided the foot into 10 zones and probed the mean pressures; and Kemozek, used in the present work [9]. Kemozek's division was picked as it takes account of anatomical zones permitting assessment of differences in maximum pressures significant to the longitudinal and traverse arches [10].

Based on the research on correlation of age with pressures on the plantar side of the foot with hallux valgus, it was shown that occurrence of hallux valgus is connected with the adult age. This argument is supported by observations made by a number of authors [12, 13, 18]. One exception here is the kind of hallux valgus occurring at a young age, although this is connected with innate defects and positive family history. Probably, the greater role in the occurrence of this type of hallux valgus falls to the hereditary factor, rather than the environmental one [13, 11].

Pedobarographic examination of distribution of maximum pressures on the plantar side of the foot in people with hallux valgus has shown that the greatest pressure was exerted below the heel, and the lowest, under the toes. Such distribution is typical of normal feet. However, within the forefoot and metatarsal area, some differences between the examined feet were noticed. In the normal feet of the control group, greater pressure was

podaje, że wśród przebadanych przez niego 350 pacjentów z paluchem koślawym rasy białej znalazło się 93,7% kobiet [11]. Przeprowadzona przez Roddy i wsp. ankieta, wśród osób objętych podstawową pomocą lekarską z koślawym ustawieniem palucha potwierdziła, że zaburzenie to wykazuje istotne statystycznie sprzężenie z płcią żeńską [12].

Wielu autorów podaje, że paluch koślawy najczęściej występuje obustronnie. Spośród pacjentów przebadanych przez Piqué-Vidal i wsp. 92,3% osób posiadało tę deformację zarówno na prawej jak i lewej stopie [11]. Również Coughlin i Jones w oparciu o badania radiologiczne i badanie ruchomości I promienia stopy wykazali, iż u większości pacjentów (84%) hallux valgus występuje obustronnie [13]. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy są zbieżne. Większość przebadanych pacjentów (90,2%) również posiadała obustronne koślawe ustawienie palucha.

Do oceny paluchów koślawych wykorzystywanych jest wiele metod badawczych, m. in. radiologia, badanie kliniczne czy pedobarografia. W niniejszej pracy do zbadania paluchów koślawych wykorzystano tę ostatnią. Jest to wybór nieprzypadkowy, gdyż metoda ta w bardzo precyzyjny sposób ocenia funkcję stopy [10]. Jak podaje Lorkowski dystrybucja nacisków podstopnych jest jednopłaszczyznowym odwzorowaniem biomechanicznej funkcji stóp [14]. Zbliżony pogląd reprezentuje Liu, twierdząc, iż wydolność biomechaniczna stopy jest charakteryzowana właśnie przez rozkład nacisków na jej podeszwową stronę [15].

W celu dokładniejszej analizy rozkładu nacisków na podeszwową stronę stóp stosuje się podziały na strefy obciążeń. Do najbardziej znanych należą podziały zaproponowane przez: Blomgren [16], który umożliwiał badanie maksymalnych nacisków przy pomocy 9 stref, Cavanagh [17], który podzielił stopę na 10 stref i badał średnie naciski, oraz Kemozeka, którym posłużono się w niniejszej pracy [9]. Wybrano akurat ten podział, gdyż uwzględnia strefy anatomiczne umożliwiające dokonanie oceny różnic w naciskach maksymalnych istotnych dla sklepienia podłużnego i poprzecznego [10].

W oparciu o badania dotyczące korelacji wieku z rozkładem nacisków na podeszwową stronę stóp u osób z halluxami wykazano, że występowanie paluchów koślawych związane jest z wiekiem dorosłym. Dowodzą tego doniesienia wielu autorów [12, 13, 18]. Wyjątek stanowi młodzieńcza postać palucha koślawego, jednak związana jest ona z wadami wrodzonymi i pozytywnym wywiadem rodzinnymi. Prawdopodobnie większą rolę w jego wystąpieniu odgrywa czynnik dziedziczny, niż środowiskowy [13] [11].

Przeprowadzone badanie pedobarograficzne rozkładu maksymalnych nacisków na podeszwową stronę stóp u osób cierpiących na koślawe ustawienie palucha wykazało, że największy nacisk wywierany był pod piętą, najmniejszy pod palcami. Taki rozkład typowy jest dla stóp prawidłowych. Jednak w obrębie przodostopia i śródstopia zaobserwowano pewne różnice pomiędzy badanymi stopami. W stopach prawidłowych z grupy



exerted under the 1st metatarsal, i.e. in the FF1 zone, with slightly lower pressure being found in the FF3 zone. The comparative analysis has shown statistically significant differences in distribution of pressures in the FF2 zone at the level of  $p < 0,005$ . In the case of the group with hallux valgus, the pressure in this zone was 1.28 times higher than in the control group. We have also observed an increase in maximum pressures in the M zone in comparison with normal feet, yet the difference did not reach the level of statistical significance.

Results of the examination to some extent overlap with Lorkowski's findings. Using the plantar surface division put forth by Cavanagh, Lorkowski proved an increase in the maximum pressure under heads 2-5 of the metatarsal bones, and under the metatarsal area and hindfoot [18]. Also, Orzechowski notes that distribution of pressures shows an increase in pressure values within the heads of the 2nd and 3rd metatarsals, and, at the same time, a decrease in pressure values under the head of the 1st metatarsal [19]. The literature on distribution of pressures in people with hallux valgus offers much more information about assessment of results of surgical treatment of hallux valgus than on diagnosis.

A number of authors suggest that hallux valgus is often bound with occurrence of flat foot [13, 20, 21, 22, 23]. For that reason, in the present research we decided to examine the arching of the feet diagnosed with hallux valgus. Using the criteria for the traverse arch, whereby  $FF2 < FF1$  and  $FF3$ , it was shown that 87.1% of feet did not meet the criteria for the traverse arch. According to the criteria  $M < H$  and  $M < FF1$ ,  $FF2$  and  $FF3$  for the traverse arch, 52% of feet with hallux valgus do not have normal traverse arch. 97.1% of feet with hallux valgus do not have the three-point support system. Using angle measurements in the assessment of the arch, Lorkowski observed a lowering of the traverse arch in all of the examined people with hallux valgus, as well as a lack of normal longitudinal arch in most of the examined people [18]. Analysis of mean maximum pressures conducted in the present research has revealed the same regularity.

The statistical analysis of distribution of pressures in particular pressure zones in right and left feet with hallux valgus has revealed statistically significant differences in distribution of pressures in the FF2 and H zones, as opposed to normal feet, in the case of which no differences were found. This proves the presence of pressure asymmetry in people affected with hallux valgus. However, Lorkowski does not confirm this fact, perceiving certain differences, though the pressure distribution asymmetry in Lorkowski's research did not reach the level of statistical significance [18]. More information on asymmetry can be found in the research on gait in various nosological units [24]. Sadeghli and collaborators point out that functional differences within lower limbs in alternate gait may lead to asymmetry in pressures, particularly within the metatarsal area [25].

kontrolnej największy nacisk wywierany był pod I kością śródstopia, tj. w strefie FF1 i niewiele mniejszy w FF3. Przeprowadzona analiza porównawcza wykazała statystycznie różnice w rozkładzie nacisków w strefie FF2 na poziomie  $p < 0,005$ . W przypadku grupy z koślawym ustawieniem palucha nacisk w tej strefie był 1,28 razy większy w porównaniu do grupy kontrolnej. Zaobserwowano także wzrost maksymalnych nacisków w strefie M w porównaniu ze stopami prawidłowymi, jednak różnica nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej.

Wyniki badania pokrywają się w pewnym stopniu z doniesieniami Lorkowskiego. Autor ten wykorzystując podział powierzchni podszwowej wg Cavanagh wykazał wzrost maksymalnego nacisku pod głowami II-V kości śródstopia, pod boczną częścią śródstopia i przednią częścią tyłostopia [18]. Również Orzechowski podaje, że rozkład nacisków manifestuje się zwiększoną ich wartością w obrębie głów II i III kości śródstopia z jednoczesną redukcją pod głową I kości śródstopia [19]. W literaturze traktującej o dystrybucji nacisków u osób z koślawym ustawieniem palucha znacznie więcej doniesień jest na temat oceny wyników leczenia operacyjnego paluchów koślawych niż diagnozy.

Wielu autorów sugeruje, że koślawość palucha często powiązana jest z występowaniem płaskostopia [13, 20, 21, 22, 23]. Z tego powodu w niniejszym badaniu postanowiono sprawdzić, jak wysklepiona jest stopa ze stwierdzoną koślawością palucha. Posługując się kryteriami dla sklepienia poprzecznego, gdzie  $FF2 < FF1$  i  $FF3$ , wykazano, że 87,1% stóp nie spełniło kryteriów sklepienia poprzecznego. Wg kryteriów  $M < H$  i  $M < FF1$ ,  $FF2$  i  $FF3$  dla sklepienia podłużnego, 52% stóp z halluxami nie ma prawidłowego wysklepienia podłużnego. 97,1% stóp z paluchem koślawym nie posiada trójpunktowego podparcia. Lorkowski wykorzystując pomiary kątowe w ocenie sklepienia donosi, że obniżenie sklepienia poprzecznego zaobserwował u wszystkich badanych z paluchem koślawym, a brak prawidłowego sklepienia podłużnego zauważył u większości [18]. Analiza średnich nacisków maksymalnych w zrealizowanych w niniejszej pracy badaniach pozwoliła zaobserwować taką samą prawidłowość.

W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej rozkładu nacisków w poszczególnych strefach między prawymi, a lewymi stopami z koślawym ustawieniem palucha dowiedziono, że istnieją statystycznie istotne różnice w rozkładzie obciążeń w strefach FF2 i H w porównaniu ze stopami prawidłowymi, u których takich różnic nie zaobserwowano. Dowodzi to istnienia asymetrii obciążeń u osób cierpiących na hallux valgus. Faktu tego nie potwierdza Lorkowski, który wprawdzie zaobserwował pewne różnice, ale w jego badaniach asymetria w rozkładzie nacisków nie osiągnęła istotności statystycznej [18]. Więcej doniesień na temat asymetrii obciążeń można znaleźć w badaniach nad chodem w różnych jednostkach chorobowych. [24]. Sadeghli i wsp. podają, że różnice funkcjonalne w obrębie kończyn dolnych podczas naprzemiennego chodu mogą prowadzić

In the case of feet abnormalities, it is first the function and then the structure of the feet that is disturbed [10], which appears to justify the choice of pedobarography as an additional diagnostic method for hallux valgus.

The findings obtained corroborate the observations put forth by B.Heil to the effect that in normal feet with a three-point support system the pressure rendered (located) to the bottom of the heels exceed the values seen in the same location in flat feet. These variations indicate a difference in the way the foot is loaded and a resulting difference in pressure distribution on the surface of the sole. The said variations show the necessity of investigating the reasons behind such variations in the pressure distribution on the surface of the sole.

## CONCLUSIONS

1. In contrast to normal feet, feet affected with hallux valgus present odd distribution of pressures on the plantar surface. The feet with hallux valgus are characterised by considerably higher values of pressures under the head of the 2nd and 3rd metatarsals.
2. The great majority of the examined patients with hallux valgus do not meet the criteria for either the transverse arch, the longitudinal arch, or the three-point support system.

do asymetrii obciążeń, zwłaszcza w obrębie śródstopia [25].

W przypadku pojawiających się nieprawidłowości w obrębie stóp, zaburzeniu ulega najpierw funkcja, a dopiero potem struktura [10]. Dlatego wybór pedobarografii, jako dodatkowej metody diagnozowania paluchów koślawych wydaje się być wyborem trafny.

Uzyskane wyniki potwierdzają spostrzeżenia B.Heil, że w stopach prawidłowych- posiadających trójpunktowy system podparcia naciski przyjmowane (zlokalizowane) pod pięta są większe od wartości nacisków w stopach płaskich. Różnice te sugerują odmienny sposób obciążania stopy i w związku z tym inną dystrybucję nacisków na jej powierzchni podeszwy. Różnice te wskazują potrzebę poszukiwania odpowiedzi na pytanie co jest przyczyną takich różnic w dystrybucji nacisków na powierzchni podeszwy.

## WNIOSKI

1. Stopy z koślawym ustawieniem palucha w porównaniu do stóp prawidłowych, przedstawiają odmienny rozkład nacisków na powierzchni podeszwy. Cechują je zdecydowanie większe wartości nacisków pod głową II i III kości śródstopia.
2. Zdecydowana większość badanych stóp z koślawym ustawieniem palucha nie spełnia kryteriów zarówno dla sklepienia poprzecznego, podłużnego jak i trójpunktowego systemu podparcia.

## References/Piśmiennictwo:

1. Deszczyński J, Nagraba Ł, Stolarczyk A, Gadomski Ł, Deszczyński MJ, Piwowarczyk A, Ziółkowski M. Ocena wczesnych wyników leczenia palucha koślawego za pomocą osteotomii podgłowej pierwszej kości śródstopia metodą Kramera. *Artroskopia i Chirurgia Stawów* 2008;4(2):31-40.
2. Ayub A, Yale SH, Bibbo C. Common foot disorders. *Clin Med Res* 2005;3(2): 116-19.
3. Napionek M. Paluch koślawy – od etiologii do leczenia. *Ortop Traumatol* 2006; 3(3):15-24.
4. Tehranianasr A, Saeedi H, Forogh B, Bahramizadeh M, Keyhani MR. Effects of insole with toe-separator and night splint on patients with painful hallux valgus: a comparative study. *Prosthet Orthot In* 2008; 32(1):79-83.
5. Lipscombe S, Molloy A, Sirikonda S, Hennessy MS. Scarf osteotomy for the correction of hallux valgus: midterm clinical outcome. *J Foot Ankle Surg* 2008; 47(4):273-77.
6. Naumczyk J, Hagner W, Ptaszyński P, Adamek J. Wyniki leczenia operacyjnego paluchów koślawych. *Kwart Ortop* 2003;1:28-29.
7. Panasiuk M, Woźniacki P. Rezultaty leczenia koślawości palucha metodą osteotomii podgłowej pierwszej kości śródstopia. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2005;70(6):419-22.
8. Radło W, Lorkowski J. Zastosowanie kliniczne nacisków stopy na podłoże za pomocą Emed-systemu w diagnostyce wad i chorób stóp. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 1999;64(5):555-60.
9. Kernozek TW, LaMott EE. Comparison of planar pressures between the elderly and young adults. *Gait Posture* 1995;3:143-48.
10. Szczygiel E, Golec E, Mazur T. Ocena przydatności klinicznej badania plantokonturograficznego i pedobarograficznego w diagnostyce płaskostopia. *Kwart Ortop* 2007;1:43-52.
11. Piqué-Vidal C, Sole MT, Antich J. Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *J Foot Ankle Surg* 2007;46(3):149-54.
12. Roddy E, Zang W, Doherty M. Prevalence and associations of hallux valgus in a primary care population. *Arthritis Rheum* 2008;59(6):857-62.
13. Coughlin MJ, Jones C P. Hallux valgus: demographic, etiology and radiographic assessment. *Foot Ankle Int* 2007;28(7):759-77.
14. Lorkowski J, Zarzycki D. Zastosowanie kliniczne badania pedobarograficznego -doświadczenia własne i przegląd literatury. *Przeg Lek* 2006;63(5):28-31.
15. Liu XC, Thometh JG. Dynamic plantar pressure measurement for the normal subject. *J Pediatr Orthop* 2005;25(1):103-106.
16. Blomgren M, Turan I, Agadir M. Gait analysis in hallux valgus. *J Foot Surg* 1991;30(1):70-81.
17. Cavanagh PR, Rodgers MM, Liboshi A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot Ankle* 1987;7(5):262-76.
18. Lorkowski J. Statyczne i posturalne badanie pedobarograficzne w diagnostyce stóp z koślawym ustawieniem paluchów. Praca doktorska. Kraków, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, 2004.
19. Orzechowski W. Porównanie punktowej oceny anatomiczno-czynnościowej stopy z baropodometryczną oceną wyników leczenia paluchów koślawych. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2001;66(6):617-23.
20. Schuh A, Hönle W. Pathogenesis of hallux valgus. *MMW Fortschr. Med* 2006; 148(48):31-42.
21. Fuhrmann RA. Arthrodesis of the first tarsometatarsal joint for correction of the advanced splayfoot accompanied by a hallux valgus. *Oper Orthop Traumatol* 2005; 17(2):1195-210.
22. King DM, Toolan BC. Associated deformities and hypermobility in hallux valgus: an investigation with weightbearing radiographs. *Foot Ankle Int* 2004; 25(4):251-55.
23. Kilmartin TE, Wallace WA. The significance of pes planus in juvenile hallux valgus. *Foot Ankle* 1992;13(2):53-6.
24. Hughes J. The clinical use of pedobarography. *Acta Orthop Belg* 1993;59(1): 10-16.
25. Sadehli H, Allard P, Prince F, Labelle H. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait Postures* 2000;12(1):34-45.