



© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 1 (5) 2007

Original article/Artykuł oryginalny

The variability of plantar pressure pattern distribution in healthy children and its relation to flexible flatfoot

Zmienność rozkładu sił nacisku stopy na podłoże u dzieci zdrowych oraz ze stopami płaskimi statycznymi

MICHAŁ WALCZAK, MAREK NAPIONTEK

Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu / Department of Pediatric Orthopaedics and Traumatology University of Medical Sciences, Poznan, Poland

Kierownik Katedry: prof. dr hab. med. Andrzej Szulc

Address for correspondence/Adres do korespondencji:

dr med. Michał Walczak, Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej

Akademii Medycznej im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

61-545 Poznań, ul. 28 czerwca 1956 r. 135/147; e-mail: zoster@poczta.onet.pl

Statistic/Statystyka

Word count/Liczba słów 1881/2106

Tables/Tabele 7

Figures/Ryciny 7

References/Piśmiennictwo 25

Received: 31.12.2006

Accepted: 15.01.2007

Published: 14.02.2007

Abstract

Introduction: There are only few papers analyzing relationships between clinical appearance of the foot, footprints and pedobarography (PBG) in healthy children. None of them covered age range wide enough to survey overall pressure pattern variability. This may be helpful in understanding phenomenon of flexible flat foot.

Material and methods: The examined group consisted of 216 healthy children, 122 (57%) boys and 94 (43%) girls. Age at examination ranged from 3 to 15,9 (mean 9,8). The design of the study was cross-sectional. Clinical examination included assessment of the longitudinal arch. Footprint evaluation was based upon Clarke's angle. Plantar pressures were recorded in standing position using PEL 38 podometric platform. Pressures were computed separately in 9 regions of the sole according to Cavanagh. Analysis of recorded values included relation to age, clinical and footprint results. **Results:** Pressure pattern in child's foot underwent significant changes during development, they were the most evident in medial midfoot and central forefoot. The changeability was observed through the whole maturation period, but intensified in children in the age 3 to 5 and 11 to 14 years. There was observed very close correlation between improvement of the longitudinal arch in clinical examination and decrease of the load in the medial midfoot and its increase in central and lateral forefoot. **Conclusions:** Pressure pattern recognition is more precise than footprints and physical examination. Pressure pattern varies during child's development in the adequate way to changes of the foot shape. This variation accelerates simultaneously to growth spurs. PBG examination, as more sensitive, discloses, that in between the groups of feet with normal and lower longitudinal arch (determined in footprints) exists a distinctive group of feet that should be considered as a variant of normal.

Keywords: flatfoot, pedobarography

Streszczenie

Wprowadzenie: W piśmiennictwie krajowym i zagranicznym istnieje zaledwie kilka publikacji opisujących zależność pomiędzy obrazem klinicznym stopy, badaniem plantograficznym i pedobarograficznym u zdrowych dzieci. Żadne z przeprowadzonych badań nie obejmowało na tyle licznej grupy dzieci aby umożliwić ocenę zmienności wiekowej rozkładu sił nacisku na podłoże.

Materiał i metodyka: Badana grupa składała się z 216 zdrowych dzieci, 122 (57%) chłopców oraz 94 (43%) dziewcząt. Rozpiętość wiekowa badanej grupy wahała się od 3 do 16 lat (średnia 9,8 lat). Badanie miało charakter przekrojowy.

Wykonywane było badanie ortopedyczne z uwzględnieniem oceny łuku podłużnego stopy oraz objawów wiotkości torebkowo-więzadłowej. Ocena plantograficzna oparta była na analizie kąta Clarke'a. Badanie sił nacisku stopy na podłoże prowadzone było w pozycji stojącej przy użyciu platformy podograficznej PEL 38. Siły nacisku obliczane były osobno, dla 9 typowych obszarów pomiarowych.

Analiza otrzymanych wyników prowadzona była w odniesieniu do wieku, wyników badania klinicznego i plantograficznego.

Wyniki: Rozkład sił nacisku stopy na podłoże u dzieci zdrowych ulega znaczącym zmianom w trakcie rozwoju dziecka, najbardziej widoczne zmiany zachodzą w obrębie przyśrodkowego śródstopia oraz środkowego przodostopia. Zmienność ta obserwowana była w trakcie całego procesu rozwoju dziecka, z okresami intensyfikacji w wieku pomiędzy 3 a 5 rż. oraz 11 a 14 rż. Obserwowano bardzo ścisłą zależność pomiędzy poprawą wysklepienia stopy w badaniu klinicznym a zmniejszeniem nacisku w obszarze przyśrodkowego śródstopia oraz zwiększeniem nacisku w obszarze bocznego przodostopia

Wnioski: Badanie rozkładu sił nacisku stopy na podłoże jest bardziej precyzyjne niż badanie plantograficzne oraz badanie kliniczne. Rozkład sił nacisku stopy na podłoże u dzieci zdrowych zmienia się w trakcie rozwoju dziecka w sposób adekwatny do zmiany kształtu stopy. Badanie pedobarograficzne, jako metoda czulsza od badania klinicznego i plantograficznego, wskazuje na istnienie osobnej grupy stóp, która pod względem morfologii łuku podłużnego stopy lokalizuje się pomiędzy grupą stóp tzw. „zdrowych” oraz „płaskich”. Analiza kliniczna sugeruje, że stopy te powinny być uważane za wariant zdrowej, normalnej stopy dziecięcej.

Słowa kluczowe: stopa płaska, pedobarografia

1. INTRODUCTION

A suspicion of pes plano-valgus became one of the most common reasons for orthopedic consultation in children within last tens of years. Even though clinical importance of this deformity is minor, it stands a problem for parents and makes certain social costs. The problem results from diversified and often opposed opinions of medical authorities on the need and methods of therapy. Flatfoot is defined rather by its clinical presentation than radiograms or plantography.

Flatfoot is diagnosed when medial longitudinal foot arch rests on the ground, or its height seems to be reduced in our individual judgement. Additional valgus hindfoot position, supination and abduction of the forefoot towards the hindfoot can be found.

On the basis of the studies that include morphologic changes of a paediatric foot, real occurrence of plano-valgus foot deformity can be diagnosed in much less than 10% of population [1,2,3,4].

An intensive rise in interest is observed during the last tens of years in either electronically or informatically aided diagnostic methods, treatment and monitoring in medicine. These interests resulted in development of the examination technique for pressure pattern distribution of the foot. The idea of such diagnostics had been known for years, but progressed and blew recently, due to progress in miniaturisation of the devices and in informatics. Relatively accessible and user-friendly equipment for pedobarography (PBG) eases clinical and research studies. Many papers were published on general and detailed assessment of PBG in orthopedics & traumatology and other medical specialties like diabetology, neurology and rehabilitation [5,6,7,8,9,10,11]. Still in very few papers, Polish and abroad, relations between clinical findings,

1. WSTĘP

W ostatnich dziesięcioleciach jedną z najczęstszych przyczyn konsultacji ortopedycznych u dzieci stało się podejrzenie istnienia stopy płasko-koślawej. Jakkolwiek znaczenie kliniczne tego zniekształcenia wydaje się nieduże, to stanowi ono istotny problem dla rodziców i niesie ze sobą określony koszt społeczny. Wynika to z niejednolitej i sprzecznej opinii niektórych środowisk medycznych dotyczącej potrzeby i sposobów leczenia.

Definicje zniekształcenia płasko-koślawego stopy u dzieci opierają się na jej obrazie klinicznym, rzadziej radiologicznym czy plantograficznym.

Opierając się na morfologii, o stopie płaskiej mówimy wtedy, gdy przyśrodkowy łuk podłużny stopy opiera się o podłoże, bądź jego wysokość jest niższa, niż według naszego mniemania być powinna. Dochodzi do tego koślawe ustawienie stępu, a także supinacja i odwiedzenie przodostopia względem stępu.

Na podstawie badań uwzględniających zmienność morfologiczną stopy dziecięcej, rzeczywistą częstość występowania deformacji płasko-koślawej u dzieci można ocenić na dużo mniej niż 10% [1,2,3,4].

W ostatnich dziesięcioleciach notuje się intensywny wzrost zainteresowania stosowaniem metod elektronicznych i informatycznych do wspomagania diagnozowania, leczenia i jego monitorowania w medycynie. Na bazie tych zainteresowań, intensywnie rozwija się również technika badania sił nacisków stopy na podłoże, która jakkolwiek obecna w medycynie jest od dawna, to dopiero ostatnimi laty, dzięki miniaturyzacji wyposażenia i udoskonaleniu technik informatycznych przeżywa rozkwit. Względna dostępność sprzętu oraz prostota obsługi sprzyja stosowaniu pedobarografii zarówno w badaniach naukowych jak i w pracy klinicznej. Powstało wiele

footprints and PBG in healthy children are described. None of them covered age range wide enough to survey overall pressure pattern variability. Such data, in our opinion, may become useful in a deeper understanding of the flexible flatfoot phenomenon in children.

The aim of the study is to present distribution of the foot pressure on the ground in healthy children, ranging from early infancy to adolescence and to assess the value of clinical examination, footprint and PBG in flexible flatfoot.

2. MATERIAL

Healthy children born between 1987-1999 (3-16y.o. during the study) from the randomly chosen kindergarden, primary and secondary schools in Poznań were included into the study.

Health criterion was defined as no record of neurologic, genetic, inborn or acquired deformities or deficiencies in either patients history or clinical examination. Use of orthopedic footwear, orthotic insoles or uptake of the corrective gymnastics did not disqualify individuals from the study. The studied group consisted of 216 healthy children, 122 (57%) boys and 94 (43%) girls. Age at examination ranged from 3 to 15,9 (mean 9,8) (Tab.1). The design of the study was cross-sectional.

3. METHODS

A routine orthopedic examination was performed. It included alignment of the extremities, their segments, joints range of motion and Marschall's test [12] for capsular and ligaments' laxity graded in L.J. Micheli's 4-grade scale [13]. Clinical evaluation of the foot arch was performed on two positions: standing and non-weight bearing. The evaluation was subjective and based on biostereometric classification of the foot arch according to Demczuk [14]. The feet were classified as:

1. Normal, with correct arch - with the longitudinal arch well shaped, when 5th radius of the foot was placed not higher than 3mm above the ground and remaining radiuses accordingly higher.
2. Normal, with reduced arch - when the longitudinal arch of the 5th radius of the foot was adjacent to the ground, alike other lateral radiuses, though at least 1st and 2nd were placed distinctly above the ground plain.
3. Functional flat foot - lack of longitudinal arch of a charged foot, medial margin of the foot almost completely sticking to the ground, not charged foot shaped as in 2.
4. Structural flat foot - arch-shaped medial margin conveyed medially, the foot arch does not recover even not charged.
5. Cavus foot - highly convexed, with a sharp arch both on medial and lateral margin (3-5mm)

prac omawiających w sposób ogólny i szczegółowy zastosowania tej metody w ortopedii i traumatologii oraz innych dziedzinach medycyny jak diabetologia, neurologia czy rehabilitacja [5,6,7,8,9,10,11]. W piśmiennictwie krajowym i zagranicznym istnieje zaledwie kilka publikacji opisujących zależność pomiędzy obrazem klinicznym stopy, badaniem plantograficznym i pedobarograficznym u zdrowych dzieci. Żadne z przeprowadzonych badań nie obejmowało na tyle licznej grupy dzieci aby umożliwić ocenę zmienności wiekowej rozkładu sił nacisku na podłoże. W naszej opinii wiedza ta może być użyteczna w głębszym zrozumieniu zjawiska stopy płasko-koślawej statycznej u dzieci.

Celem pracy jest przedstawienie rozkładu sił nacisku stopy na podłoże u dzieci zdrowych w zakresie wieku od wczesnego dzieciństwa do okresu dorastania oraz ocena wartości badania klinicznego, plantograficznego i pedobarograficznego w odniesieniu do stopy płaskiej statycznej.

2. MATERIAŁ

Badano zdrowe dzieci urodzone w latach 1987-1999 (w wieku 3 do 16 lat w chwili badania), pochodzące z losowo wybranych: przedszkola, szkoły podstawowej i gimnazjum z terenu miasta Poznania.

Kryterium zdrowia zdefiniowane zostało jako brak jakichkolwiek danych pochodzących z wywiadu oraz badania klinicznego, świadczących o istnieniu choroby o podłożu neurologicznym, genetycznym, a także wrodzonych i nabytych deformacji lub ubytków w obrębie narządu ruchu. Stosowanie wkładek do obuwia, obuwia ortopedycznego bądź uczestniczenie w ćwiczeniach gimnastyki korekcyjnej nie były czynnikami dyskwalifikującymi.

Badana grupa składała się z 216 zdrowych dzieci, 122 (57%) chłopców oraz 94 (43%) dziewcząt. Rozpiętość wiekowa badanej grupy wahała się od 3 do 16 lat (średnia 9,8 lat) (tab.1). Badanie miało charakter przekrojowy.

3. METODYKA

Wykonywano rutynowe badanie ortopedyczne obejmujące ocenę ustawienia kończyn i ich segmentów jak i zakresy ruchów w stawach, z uwzględnieniem objawów wiotkości torebkowo-więzadłowej według zmodyfikowanego testu Marshalla [12] w oparciu o czterostopniową skalę oceny wg L.J. Micheli [13].

Kliniczną ocenę sklepienia stopy przeprowadzano w obu pozycjach: stojącej i swobodnej. Miała ona charakter subiektywny i opierała się na zmodyfikowanej biostereometrycznej klasyfikacji sklepienia stopy według Demczuk [14]. Badane stopy kwalifikowano do jednej z grup:

- I. stopy o prawidłowym sklepieniu – z prawidłowo wykształconym sklepieniem podłużnym, gdzie V promień stopy usytuowany był nie wyżej niż ok. 3 mm od podłoża, a pozostałe promienie stopy, ustawiały się odpowiednio wyżej.

Footprints evaluation was based on Clark' angle analysis (Pic.1) [15,4]. Analysis of the measures was made in relation to border values for children population worked out by Niedzielski et al. and Łuba [16,4] (Tab.2).

- II. stopy prawidłowe, o obniżonym sklepieniu – o łuku podłużnym V promienia stopy przebiegającym w styczności z podłożem, podobnie jak pozostałe boczne promienie, jednak, co najmniej promienie I i II były ustawione wyraźnie powyżej płaszczyzny podłoża.
- III. stopy funkcjonalnie płaskie – brak łuku podłużnego stopy w obciążeniu, przyśrodkowa krawędź stopy prawie na całej długości przylega do podłoża, w odciążeniu sklepienie odtwarza się jak w typie II.
- IV. stopy strukturalnie płaskie – obrys przyśrodkowej krawędzi stopy uwypukla się łukowato do przyśrodkka, sklepienie nie odtwarza się przy odciążeniu
- V. stopy wydrążone – o wysokim sklepieniu, z ostrym łukiem, zarówno na przyśrodkowej jak i bocznej krawędzi stopy (3-5 mm).

Tab. 1. Material basic data

Born	Amount	Girls		Boys	
1987	15	6	40%	9	60%
1988	15	6	40%	9	60%
1989	12	4	33%	8	67%
1990	13	7	54%	6	46%
1991	13	4	31%	9	69%
1992	15	4	27%	11	73%
1993	21	12	57%	9	43%
1994	18	11	61%	7	39%
1995	13	5	38%	8	62%
1996	18	6	33%	12	67%
1997	19	7	37%	12	63%
1998	20	10	50%	10	50%
1999	24	12	50%	12	50%
Total	216	94	43%	122	57%

Tab. 1. Charakterystyka materiału

Rocznik	Razem	Dziewczynki		Chłopcy	
1987	15	6	40%	9	60%
1988	15	6	40%	9	60%
1989	12	4	33%	8	67%
1990	13	7	54%	6	46%
1991	13	4	31%	9	69%
1992	15	4	27%	11	73%
1993	21	12	57%	9	43%
1994	18	11	61%	7	39%
1995	13	5	38%	8	62%
1996	18	6	33%	12	67%
1997	19	7	37%	12	63%
1998	20	10	50%	10	50%
1999	24	12	50%	12	50%
razem	216	94	43%	122	57%

Plantar pressure tests were carried out on PEL 38 podographic platform and TWIN 99 software. Areal analysis was used to judge plantar pressure distribution. Pedobarograms imaging plantar shape were divided into 9 regions with TWIN 99 software tools, according to modified Cavanagh's division, originally completing of 10 [17]. Due to poor PBG projection in the regions of the toes II, III-V authors joint them as a one II-V region. The examination was performed in a static phase of

Ocena plantograficzna oparta była na analizie kąta wysklepienia stopy Clarke'a (ryc. 1.) [15,4]. Ocena uzyskanych pomiarów kąta Clarke'a została oparta w odniesieniu do granicznych wartości prawidłowych tego parametru w populacji dziecięcej, opracowanych przez Niedzielskiego i wsp. oraz Łubę i wsp. [16,4] (tab. 2).

Badanie sił nacisku stopy na podłoże prowadzone było w pozycji stojącej przy użyciu platformy podograficznej PEL 38 oraz oprogramowania TWIN 99.

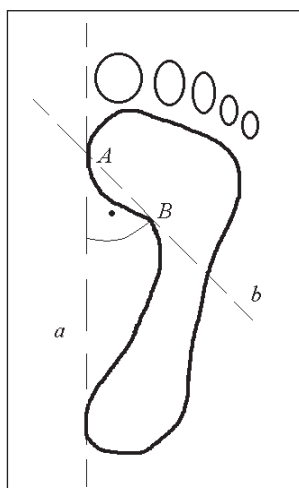


Fig. 1. Method for Clarke's angle assessment in foot prints

Ryc.1. Sposób wykreślenia kąta Clarke'a na plantogramach

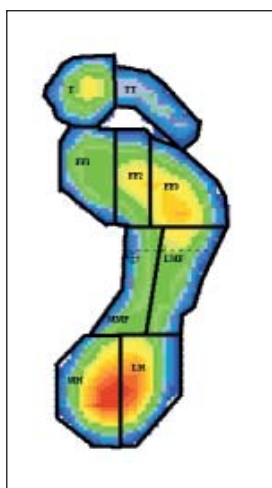


Fig. 2. Scheme of plantar anatomical regions. **MH** *medial heel* – area under the medial aspect of the heel; **LH** *lateral heel* – area under the lateral area of the heel; **MMF** *medial middlefoot* – area under the medial aspect of midfoot; **LMF** *lateral middlefoot* – area under the lateral aspect of midfoot; **FF1** *forefoot 1* – area under the head of 1st metatarsal bone; **FF2** *forefoot 2* – area under the head of 2nd metatarsal bone; **FF3** *forefoot 3* – area under the heads of 3rd+5th metatarsal bones; **T** *toe* – area under the bigtoe; **TT** *toes* – area under the toes 2nd+5th

Ryc. 2. Schemat przedstawiający lokalizację poszczególnych obszarów anatomicznych. **MH** (ang. *medial heel*) – obszar pod przyśrodkową powierzchnią pięty; **LH** (ang. *lateral heel*) – obszar pod boczną powierzchnią pięty; **MMF** (ang. *medial middlefoot*) – obszar pod przyśrodkową powierzchnią śródstopia; **LMF** (ang. *lateral middlefoot*) – obszar pod boczną powierzchnią śródstopia; **FF1** (ang. *forefoot 1*) – obszar pod głową I kości śródstopia; **FF2** (ang. *forefoot 2*) – obszar pod głową II kości śródstopia; **FF3** (ang. *forefoot 3*) – obszar pod głową III-V kości śródstopia; **T** (ang. *toe*) – obszar pod powierzchnią palucha; **TT** (ang. *toes*) – obszar pod powierzchnią palców II-V

Tab. 2. Border values for correct measure of Clarke's angle In children – after Łuba and Niedzielski [4]

Age (years)	Clarke's angle (degrees)
3	11
4	18
5	25
6	31
7	34
8	36
9	37
10	38
11	40
12	40
13	40
14	40
15	40

Tab. 2. Wartości graniczne dla prawidłowego wyniku pomiaru kąta Clarke'a u dzieci – wg Łuby i Niedzielskiego [4]

Wiek (w latach)	Wartość kąta Clarke'a (°)
3	11
4	18
5	25
6	31
7	34
8	36
9	37
10	38
11	40
12	40
13	40
14	40
15	40

relaxed upright bipedal posture. Mean values of three subsequent technically correct measures were used for further analysis.

4. RESULTS

Clinical analysis showed 9,5% overall frequency of pes plano-valgus in the studied group (i.e. qualified as group III or IV). Occurrence higher than 10% was noted in groups of age 3-5 only (Tab.3).

Distribution of incorrect footprints in subsequent age groups was presented in Table 4. As seen in that table the percentage of flat feet in the examined groups was usually higher than based on clinical examination, especially for the age groups 5-8 years.

The results of pedobarographic imaging are shown in Table 5. Comparing mean values of pressures in adequate regions between the foot arch groups classified clinically statistically significant differences were detected in all except FF1, T, TT regions. These differences were seen between the correct (I) and incorrect (III, IV) groups, as well as between correct ones (group I and II). A comparison between group II and III and II vs.IV showed statistically significant differences only in MMF region (Tab. 6). The presented results prove, that group I (normal feet) varies significantly from all other groups, including group II (correct feet with reduced arch). However a significant difference exists also between group II and incorrect feet groups III and IV in the region of medial midfoot. The difference in pressure in medial midfoot region between the groups I and II reaches almost 30%, while between group II and incorrect groups III and IV is a bit lower, still statistically significant. Thus mentioned groups can be referred to as different. Interestingly, the pressure value rises twice from group I to group III and IV. Logically, such increase in midfoot pressure causes a parallel reduction of pressures in the remaining regions consequently with the reduction of foot arch. These include both calcaneal regions as well as FF2 and FF3 right under the metatarsal bones' heads.

Correlation analysis of the footprints and PBG a significant dependence between changes of Clark's angle and regional plantar pressure values. Increase of Clark's angle is linked with reduction of MMF and LMF regions pressure and increase of plantar pressure in FF2 and FF3.

Dla oceny rozkładu sił nacisku stopy na podłoże wybrano metodę analizy obszarowej. Powstały w trakcie badania pedobarograficznego obraz odwzorowujący kształt stopy dzielono przy pomocy narzędzia programu TWIN99 na 9 obszarów (ryc. 2). Zastosowano w tym celu zmodyfikowany podział według Cavanagh'a [17], który wyszczególnił 10 obszarów. Ze względu na bardzo słabą reprezentację pedobarograficzną w obszarze pomiarowym dla palców II i III-V zdecydowano połączyć je w jeden obszar pomiarowy dla palców II-V. Badanie wykonywano w fazie statycznej, swobodnego stania obónóž. Wyniki trzech kolejnych, prawidłowych pod względem technicznym, pomiarów uśredniano.

4. WYNIKI

Analiza kliniczna wysklepienia stopy wykazała, że w całej badanej populacji odsetek dzieci ze stopami płasko-koślawymi (zakwalifikowanymi do III i IV grupy) wynosił średnio 9,5%. Wyniki przekraczające granicę 10% zanotowano tylko w grupach dzieci pomiędzy 3 a 5 rokiem życia (tab. 3).

Częstość występowania nieprawidłowego sklepienia stopy w badaniu plantograficznym w poszczególnych grupach wiekowych przedstawiono w tabeli 4. Z jej analizy wynika, że odsetek stóp płasko-koślawych w badanej populacji był za zwyczaj wyższy niż w ocenie klinicznej, zwłaszcza, w grupach dzieci pomiędzy 5 a 8 rokiem życia.

Wyniki badania pedobarograficznego przedstawiono w tabeli 5. Dokonując porównania średnich wartości nacisków w poszczególnych obszarach pomiarowych pomiędzy różnymi grupami sklepienia ocenianymi klinicznie, stwierdzono występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy wszystkimi obszarami za wyjątkiem FF1, T i TT. Różnice te występowały przy porównaniu pomiędzy grupą stóp kwalifikowanych jako prawidłowe (grupa I) a grupami nieprawidłowymi (grupy III i IV), ale wystąpiły też pomiędzy grupami I i II. Natomiast porównanie grup II z III i IV wykazało istnienie statystycznie istotnej różnicy jedynie w obrębie obszaru MMF (tab. 6). Z powyższego zestawienia wynika, że grupa I (stopy prawidłowe) w bardzo istotny sposób różni się od wszystkich innych grup, łącznie z grupą II (grupa stóp prawidłowych o obniżonym sklepieniu), jednak pomiędzy grupą II a grupami stóp o nieprawidłowych sklepieniach (grupy III i IV) również istnieje różnica istotna statystycznie i dotyczy ona obszaru przyśrodkowego śródstopia. Różnica wartości nacisku w polu przyśrodkowego śródstopia pomiędzy grupami I i II wynosi prawie 30%. Pomiedzy grupami II i (III i IV), jest ona mniejsza, lecz co ważne, istotna statystycznie, co sprawia, że grupy te jednak się różnią między sobą. Na uwagę zasługuje fakt, że pomiędzy grupami I a (III i IV), wzrost nacisku jest prawie dwukrotny. W związku z istotnym zwiększeniem nacisku w obszarze śródstopia wraz z klinicznie obserwowanym obniżaniem się sklepienia stopy, naturalnym jest, że w pozostałych obszarach dochodzi do proporcjonalnego zmniejszenia siły nacisku. Obszarami

Tab. 3. Clinical classification of feet based on plantar arch in standing position

Age (years)	Number of feet	Plantar arch groups									
		I		II		III		IV		V	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
3	48	15	(31,3)	21	(43,8)	12	(25,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
4	40	16	(40,0)	18	(45,0)	6	(15,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
5	38	23	(60,5)	10	(26,3)	5	(13,2)	0	(0,0)	0	(0,0)
6	36	22	(61,1)	11	(30,6)	1	(2,8)	2	(5,6)	0	(0,0)
7	26	20	(76,9)	6	(23,1)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
8	36	20	(55,6)	14	(38,9)	2	(5,6)	0	(0,0)	0	(0,0)
9	42	27	(64,3)	13	(31,0)	2	(4,8)	0	(0,0)	0	(0,0)
10	30	22	(73,3)	6	(20,0)	2	(6,7)	0	(0,0)	0	(0,0)
11	26	17	(65,4)	6	(23,1)	1	(3,8)	0	(0,0)	2	(7,7)
12	26	18	(69,2)	6	(23,1)	2	(7,7)	0	(0,0)	0	(0,0)
13	24	18	(75,0)	2	(8,3)	2	(8,3)	0	(0,0)	2	(8,3)
14	30	30	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
15	30	28	(93,3)	2	(6,7)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
Total	432	276	(63,9)	115	(26,6)	35	(8,1)	2	(0,5)	4	(0,9)

Tab. 3. Liczba stóp zakwalifikowanych do poszczególnych grup klinicznych stopnia sklepienia stopy w pozycji stojącej

wiek (lata)	Liczba stóp	Grupy stopnia sklepienia									
		I		II		III		IV		V	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
3	48	15	(31,3)	21	(43,8)	12	(25,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
4	40	16	(40,0)	18	(45,0)	6	(15,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
5	38	23	(60,5)	10	(26,3)	5	(13,2)	0	(0,0)	0	(0,0)
6	36	22	(61,1)	11	(30,6)	1	(2,8)	2	(5,6)	0	(0,0)
7	26	20	(76,9)	6	(23,1)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
8	36	20	(55,6)	14	(38,9)	2	(5,6)	0	(0,0)	0	(0,0)
9	42	27	(64,3)	13	(31,0)	2	(4,8)	0	(0,0)	0	(0,0)
10	30	22	(73,3)	6	(20,0)	2	(6,7)	0	(0,0)	0	(0,0)
11	26	17	(65,4)	6	(23,1)	1	(3,8)	0	(0,0)	2	(7,7)
12	26	18	(69,2)	6	(23,1)	2	(7,7)	0	(0,0)	0	(0,0)
13	24	18	(75,0)	2	(8,3)	2	(8,3)	0	(0,0)	2	(8,3)
14	30	30	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
15	30	28	(93,3)	2	(6,7)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)
Razem	432	276	(63,9)	115	(26,6)	35	(8,1)	2	(0,5)	4	(0,9)

Tab. 4. Incidence of incorrect foot arch formation based on foot prints in age groups

Age (years)	Feet (amount)	Clarke's angle (degrees)	
		n	(%)
3	48	10	(20,8)
4	40	16	(40,0)
5	38	19	(50,0)
6	36	19	(52,8)
7	26	9	(34,6)
8	36	17	(47,2)
9	42	16	(38,1)
10	30	8	(26,7)
11	26	5	(19,2)
12	26	4	(15,4)
13	24	4	(16,7)
14	30	2	(6,7)
15	30	2	(6,7)

When comparing mean plantar pressure in corresponding regions to footprints parameters significant statistical differences were discovered between pressure values of correct and incorrect arches in feet examined with Clark's method (Table 7). Since posterior part of the foot is affected by none major changes it may be excluded from further investigation and clear patterning of the mid- and forefoot can be given. In the feet healthy according to their footprints, i.e. with Clark's angle measuring more than border value for that age overall pressure of the forefoot is bigger than of the midfoot (Pic. 3). In cases of flat feet, i.e. with Clark's angle lower than age-adjusted norm pressure of the midfoot is higher comparing to forefoot (Pic. 4).

Tab. 4. Częstość występowania nieprawidłowego sklepienia stopy w badaniu plantograficznym w poszczególnych grupach wiekowych

Wiek (lata)	Liczba stóp	Kąt Clarke'a (°)	
		n	(%)
3	48	10	(20,8)
4	40	16	(40,0)
5	38	19	(50,0)
6	36	19	(52,8)
7	26	9	(34,6)
8	36	17	(47,2)
9	42	16	(38,1)
10	30	8	(26,7)
11	26	5	(19,2)
12	26	4	(15,4)
13	24	4	(16,7)
14	30	2	(6,7)
15	30	2	(6,7)

tymi są oba obszary pięty i obszary FF2 i FF3, czyli zlokalizowane pod głowami kości śródstopia.

W wyniku analizy korelacji zachodzących pomiędzy wynikami badań pedobarograficznego i plantograficznego, stwierdzono, że istnieje istotna zależność pomiędzy zmianą wielkości kąta Clarke'a a wartościami nacisków w poszczególnych obszarach stopy. Charakter tych relacji wskazuje, że przyrostowi wartości kąta Clarke'a towarzyszy zmniejszenie nacisku w obszarach MMF i LMF i zwiększenie w obszarach FF2 i FF3.

Porównując wartości średnie nacisku w poszczególnych obszarach pomiarowych w odniesieniu do parametrów badania plantograficznego stwierdzono, że istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami nacisku dla sklepień prawidłowych i nieprawidłowych dla wyników oceny sklepienia stopy badanych metodą Clarke'a (tab. 7). Przy wyłączeniu z analizy obszaru tyłostopia, które nie ulega w tej sytuacji większym zmianom, można wyraźnie zdefiniować zachowanie się obszarów śródstopia i przodostopia. Dla stóp określonych w badaniu plantograficznym jako zdrowe tzn. takich, których wartość kąta Clarke'a jest większa niż graniczna dla wieku, ogólny nacisk w okolicy przodostopia jest wyraźnie większy niż w okolicy śródstopia (ryc. 3). Natomiast dla stóp płasko-koślawych tzn. takich, których wartość kąta Clarke'a jest mniejsza niż wskazywałaby na to norma wiekowa, ogólny nacisk wywierany w okolicy śródstopia jest większy niż w okolicy przodostopia (ryc. 4).

Tab. 5. Regional plantar pressure mean values in relation to clinical estimation in the standing position: (groups I and II normal feet, groups III and IV flat feet)

Foot arch group	I N=276	II N=115	III+IV N=37
region	mean $\pm$ SD (min $\div$ max)	mean $\pm$ SD (min $\div$ max)	mean $\pm$ SD (min $\div$ max)
MH	0,273 $\pm$ 0,096 (0,094 $\div$ 1,320)	0,252 $\pm$ 0,079 (0,067 $\div$ 0,434)	0,236 $\pm$ 0,077 (0,132 $\div$ 0,370)
LH	0,254 $\pm$ 0,072 (0,070 $\div$ 0,486)	0,236 $\pm$ 0,078 (0,014 $\div$ 0,499)	0,223 $\pm$ 0,081 (0,108 $\div$ 0,432)
MMF	0,058 $\pm$ 0,030 (0,000 $\div$ 0,178)	0,085 $\pm$ 0,034 (0,000 $\div$ 0,192)	0,102 $\pm$ 0,048 (0,051 $\div$ 0,213)
LMF	0,160 $\pm$ 0,059 (0,000 $\div$ 0,327)	0,204 $\pm$ 0,079 (0,044 $\div$ 0,665)	0,191 $\pm$ 0,053 (0,090 $\div$ 0,301)
FF1	0,097 $\pm$ 0,030 (0,013 $\div$ 0,205)	0,092 $\pm$ 0,028 (0,045 $\div$ 0,232)	0,102 $\pm$ 0,031 (0,044 $\div$ 0,167)
FF2	0,087 $\pm$ 0,038 (0,023 $\div$ 0,303)	0,070 $\pm$ 0,023 (0,029 $\div$ 0,139)	0,063 $\pm$ 0,027 (0,024 $\div$ 0,132)
FF3	0,097 $\pm$ 0,039 (0,022 $\div$ 0,232)	0,081 $\pm$ 0,030 (0,023 $\div$ 0,162)	0,070 $\pm$ 0,036 (0,000 $\div$ 0,151)
T	0,037 $\pm$ 0,020 (0,000 $\div$ 0,102)	0,035 $\pm$ 0,017 (0,000 $\div$ 0,080)	0,033 $\pm$ 0,016 (0,000 $\div$ 0,078)
TT	0,029 $\pm$ 0,023 (0,000 $\div$ 0,155)	0,025 $\pm$ 0,019 (0,000 $\div$ 0,072)	0,023 $\pm$ 0,017 (0,000 $\div$ 0,064)

Tab. 5. Wartości średnie nacisków w poszczególnych obszarach w zależności od wyniku oceny klinicznej sklepienia stopy w pozycji stojącej; (grupy I i II stopy prawidłowe, grupy III i IV stopy nieprawidłowe)

Grupa sklepienia	I N=276	II N=115	III+IV N=37
obszar	średnia $\pm$ OS (min $\div$ max)	średnia $\pm$ OS (min $\div$ max)	średnia $\pm$ OS (min $\div$ max)
MH	0,273 $\pm$ 0,096 (0,094 $\div$ 1,320)	0,252 $\pm$ 0,079 (0,067 $\div$ 0,434)	0,236 $\pm$ 0,077 (0,132 $\div$ 0,370)
LH	0,254 $\pm$ 0,072 (0,070 $\div$ 0,486)	0,236 $\pm$ 0,078 (0,014 $\div$ 0,499)	0,223 $\pm$ 0,081 (0,108 $\div$ 0,432)
MMF	0,058 $\pm$ 0,030 (0,000 $\div$ 0,178)	0,085 $\pm$ 0,034 (0,000 $\div$ 0,192)	0,102 $\pm$ 0,048 (0,051 $\div$ 0,213)
LMF	0,160 $\pm$ 0,059 (0,000 $\div$ 0,327)	0,204 $\pm$ 0,079 (0,044 $\div$ 0,665)	0,191 $\pm$ 0,053 (0,090 $\div$ 0,301)
FF1	0,097 $\pm$ 0,030 (0,013 $\div$ 0,205)	0,092 $\pm$ 0,028 (0,045 $\div$ 0,232)	0,102 $\pm$ 0,031 (0,044 $\div$ 0,167)
FF2	0,087 $\pm$ 0,038 (0,023 $\div$ 0,303)	0,070 $\pm$ 0,023 (0,029 $\div$ 0,139)	0,063 $\pm$ 0,027 (0,024 $\div$ 0,132)
FF3	0,097 $\pm$ 0,039 (0,022 $\div$ 0,232)	0,081 $\pm$ 0,030 (0,023 $\div$ 0,162)	0,070 $\pm$ 0,036 (0,000 $\div$ 0,151)
T	0,037 $\pm$ 0,020 (0,000 $\div$ 0,102)	0,035 $\pm$ 0,017 (0,000 $\div$ 0,080)	0,033 $\pm$ 0,016 (0,000 $\div$ 0,078)
TT	0,029 $\pm$ 0,023 (0,000 $\div$ 0,155)	0,025 $\pm$ 0,019 (0,000 $\div$ 0,072)	0,023 $\pm$ 0,017 (0,000 $\div$ 0,064)

Detailed analysis of the foot pressure pattern in relation to children age allows for distinguishing the calcaneal regions as stable, undergoing minimal fluctuations and bearing 50-60% of overall pedal pressure. Medial midfoot (MMF) presents almost constant tendency to reduce its share in plantar pressure pattern. The changes apparently boost in rapid growth periods with a temporal plateau between 6-11 years. Total reduction of MMF share in plantar pressure pattern is 6% (from 10% to 4%) during 12-year period (Pic. 5). The lateral midfoot (LMF) after its rapid decrease of pressure share between 4-5 years of age by 5% remains constant at 17% of total plantar pressure. The FF1, T and TT regions (medial forefoot, toe, II-V toes regions) change moderately and without any characteristics. The FF1 represents 10% of plantar pressure, T - 3-4%, TT around 3%. Regions described as FF2 and FF3 resemble the MMF variation

Szczegółowa analiza zmienności nacisku w odniesieniu do wieku dziecka w poszczególnych obszarach pomiarowych pozwala stwierdzić, że regiony reprezentujące piętę zachowują się przez cały ten okres dosyć stabilnie i nie podlegają większym fluktuacjom, przenosząc regularnie około 50% do 60% ogólnego nacisku. Region przyśrodkowego śródstopia (MMF) wykazuje prawie stałą tendencję do zmniejszania swojego udziału w przenoszeniu obciążenia, z wyraźnym natężeniem zmian w okresie przyspieszeń wzrostu i z okresowym *plateau* pomiędzy 6 a 11 rokiem życia. Globalne zmniejszenie udziału przyśrodkowego śródstopia (MMF) w rozkładzie sił nacisku wynosi 6% (z 10 % do 4%) na przestrzeni 12 lat (ryc. 5). Obszar bocznego śródstopia (LMF), po okresie dosyć gwałtownego spadku pomiędzy 4 a 5 rokiem życia, o około 5 %, utrzymuje się do końca na podobnym poziomie i odpowiada za przenoszenie około 17%

Tab.6. Statistical evaluation of the mean values differences in plantar regions between the clinical foot arch groups. Dark fields represent statistically significant differences

Region	p – value for t-Student's test for independent variables			
	I ↔ III+IV	I ↔ II	I ↔ II+III+IV	II ↔ III+IV
MH	0,024	0,040	0,007	0,277
LH	0,016	0,029	0,005	0,382
MMF	0,000	0,000	0,000	0,015
LMF	0,002	0,000	0,000	0,377
FF1	0,347	0,157	0,443	0,075
FF2	0,000	0,000	0,000	0,126
FF3	0,000	0,000	0,000	0,072
T	0,222	0,207	0,111	0,647
TT	0,155	0,160	0,070	0,539

Tab.6. Ocena istotności statystycznej różnic średnich wartości nacisku w poszczególnych obszarach pomiędzy różnymi grupami sklepienia ocenianymi klinicznie. Zaciemnione pola oznaczają zmianę istotną statystycznie

Obszar	p – poziom istotności testu t-Studenta dla prób niepowiązanych			
	I ↔ III+IV	I ↔ II	I ↔ II+III+IV	II ↔ III+IV
MH	0,024	0,040	0,007	0,277
LH	0,016	0,029	0,005	0,382
MMF	0,000	0,000	0,000	0,015
LMF	0,002	0,000	0,000	0,377
FF1	0,347	0,157	0,443	0,075
FF2	0,000	0,000	0,000	0,126
FF3	0,000	0,000	0,000	0,072
T	0,222	0,207	0,111	0,647
TT	0,155	0,160	0,070	0,539

Tab. 7. Statistical evaluation of the mean values differences in plantar regions between the clinically correct and incorrect foot print groups Dark fields represent statistically significant differences

p – value for t-Student's test for independent variables	
Region	Clarke's angle norm ↔ pathology
MH	0,005
LH	0,004
MMF	0,000
LMF	0,000
FF1	0,751
FF2	0,004
FF3	0,000
T	0,139
TT	0,553

Tab. 7. Ocena istotności statystycznej różnic średnich wartości nacisku w poszczególnych obszarach pomiędzy prawidłowymi i nieprawidłowymi wynikami plantograficznej oceny sklepienia stopy. Obszary zacieniowane oznaczają zmianę istotną statystycznie

p – poziom istotności testu t-Studenta dla prób niepowiązanych	
Obszar	Kąt Clarke'a norma ↔ patologia
MH	0,005
LH	0,004
MMF	0,000
LMF	0,000
FF1	0,751
FF2	0,004
FF3	0,000
T	0,139
TT	0,553

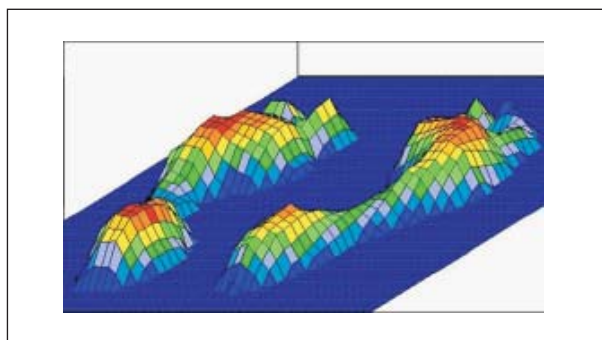


Fig. 3. Example of a pedobarogram of a healthy child
Ryc. 3. Przykładowy pedobarogram stóp dziecka ze stopami zdrowymi

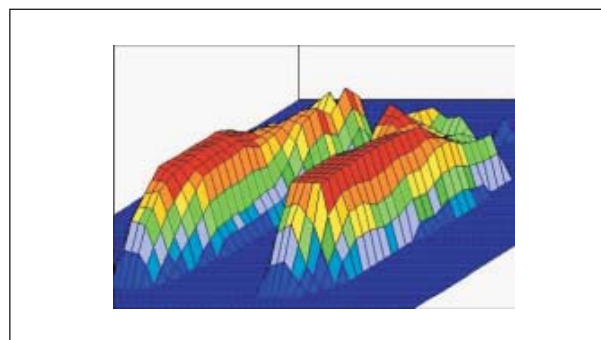
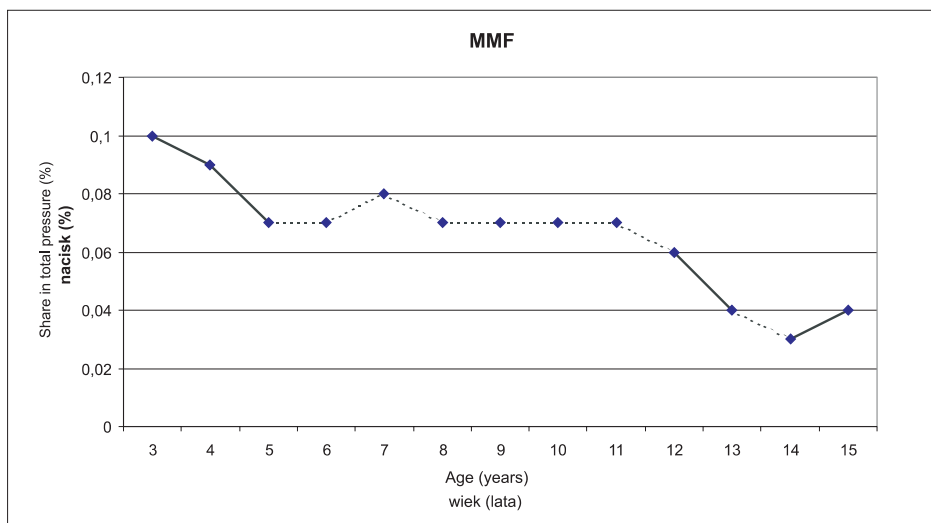


Fig. 4. Example of a flexible flat foot of a child
Ryc. 4. Przykładowy pedobarogram stóp dziecka ze stopami płasko-koślawymi statycznymi

Fig. 5. Age-related variations of mean plantar pressure values in MMF region. Thick continuous line represents statistical significance ($p < 0,05$)

Ryc. 5. Zmiana średniej wartości nacisku w obszarze MMF (przyśrodkowe śródstopie) w odniesieniu do wieku. Zmiany istotne statystycznie ($p < 0,05$) zaznaczone są na wykresach pogrubioną, ciągłą linią



dynamics and regional pressure share increases by 4-6% in FF2 (medial forefoot) and by 3-6% in FF3 (lateral forefoot). Both of these regions represent 6-10% of total plantar pressure (Pic.6, Pic.7).

nacisku. Obszary FF1 oraz T i TT (przyśrodkowy obszar przodostopia oraz paluch z palcami) zmieniają się w bardzo niewielkim stopniu i to w sposób niecharakterystyczny. FF1 przejmuje około 10% nacisku, T – 3% do 4%, a TT około 3%. Obszary FF2 i FF3 cechują się podobną dynamiką zmian jak obszar MMF, jednak w tym przypadku dochodzi do zwiększenia siły nacisku o 4-6% w przypadku FF2 (środkowy obszar przodostopia) i 3-6% w przypadku FF3 (boczny obszar przodostopia). Obydwa te regiony biorą udział w wywieraniu nacisku w granicach 6-10 % każdy (ryc. 6; ryc. 7.)

5. DYSKUSJA

Wraz z dojrzewaniem dziecka, zachodzi szereg zmian morfologicznych w budowie jego stopy [18] i mają one charakter nieliniowy. Cechują je okresy zwolnień i przyspieszeń, niemniej jednak zachodzą one wspólnie dla wszystkich aspektów morfologicznych stopy takich jak jej długość, szerokość i co ważne wysokość sklepienia [24]. Gdy wraz z dojrzewaniem dziecka zachodzi proces

Fig. 6. Age-related variations of mean plantar pressure values in FF2 region. Thick continuous line represents statistical significance ($p<0,05$)

Ryc. 6. Zmiana średniej wartości nacisku w obszarze FF2 (obszar pod głową II kości śródstopia) w odniesieniu do wieku. Zmiany istotne statystycznie ($p<0,05$) zaznaczone są na wykresach pogrubioną, ciągłą linią

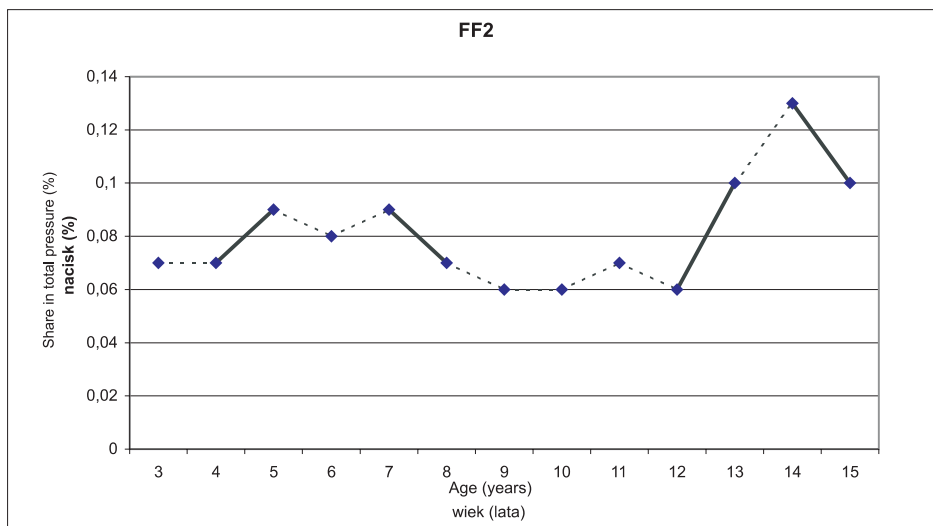
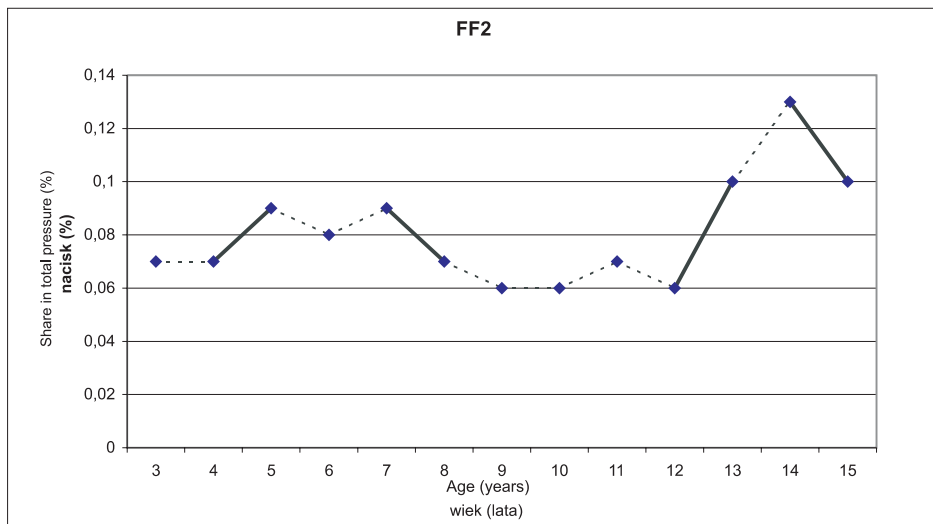


Fig. 7. Age-related variations of mean plantar pressure values in FF3 region. Thick continuous line represents statistical significance ($p<0,05$)

Ryc. 7. Zmiana średniej wartości nacisku w obszarze FF3 (obszar pod głowami III-V kości śródstopia) w odniesieniu do wieku. Zmiany istotne statystycznie ($p<0,05$) zaznaczone są na wykresach pogrubioną, ciągłą linią



5. DISCUSSION

During puberty a set of non-linear changes in child's foot can be observed [18]. A sequence of accelerations and decelerations occurs together for all morphological aspects of the foot, namely its length, width and arch [24]. If foot shaping progresses correctly on child's growth one can state, that plantar pressure initially affecting medial forefoot should be reduced with age [19]. However it doesn't mean, that pressure representation shifts towards lateral midfoot, because according to Demczuk [14] during foot development the lateral arches also convex against the ground creating sometimes a lateral tarsal sinus [20] in footprints. Reduction of pressure share in these two regions must be parallel with increase in others. Evaluation of regional pressures in different plantar regions related to age shows, that most variable are the MMF, undergoing gradual reduction with age and the FF2 and FF3, i.e. heads of metatarsal bones II-V increasing with age.

Comparable changes were observed by Davitt et al [21] in studies on surgical treatment of flat foot. Another study by Henning and Rosenbaum [22] gave a conclusion that comparing pedal pressure patterning of the children 14-32 month old with the adults, a significant reduction in MMF and LMF pressures was noted in the adults. A similar increase in the heads of metatarsals regions pressure share was also observed, and FF1 increase was even significant. Another research by Henning and Rosenbaum [23] showed inhibition of longitudinal arch creation in the foot between 6-11 years of age. A conclusion was carried out of these findings, that creation of the longitudinal plantar arch ends in the 6th year. Today it seems to be false, since further rapid formation continues between the years 12-14 [24]. Attention should be paid to Hallemann's et al. study [25] on 1 y.o. infants. Plantar pressure is distributed almost equally between the measure regions with a significant share of medial midfoot in such early developmental stage.

6. CONCLUSIONS

1. Pedobarography is a more exact method compared to clinical examination and plantography. It indicates existence of another group of feet characterized by plantar arch morphology somewhere between healthy and flat. In clinical analysis they are qualified as a variant of healthy, normal child's foot.
2. A strict correlation exists between the increase of Clarke's angle and reduction of midfoot pressure with increasing regional pressure in medial and lateral forefoot. Such correlation is also observed in plantar arch recovery on clinical examination.
3. Pressure patterning changes during children growth properly to the shaping process of the foot. A set of temporal accelerations and decelerations, correlated to growth accelerations is observed. The changes are more obvious in the midfoot and lateral and medial forefoot, while calcaneal region and medial forefoot present no significant changes.

prawidłowego kształtowania stopy, można wysnuć wniosek, że nacisk na podłoże generowany we wczesnym dzieciństwie w obszarze przyśrodkowego śródstopia powinien się wraz z wiekiem zmniejszać [19]. Należy również domniemywać, że zjawisko to nie jest jednoznaczne z przemieszczeniem nacisku na stronę boczną śródstopia, gdyż, że zgodnie z obserwacjami Demczuk [14], w miarę kształtowania się stopy, jej łuki boczne również unoszą się względem podłoża, tworząc w niektórych przypadkach, na plantogramach tzw. zatokę boczną stępu [20]. Zmniejszenie siły nacisku w tych dwóch obszarach, zgodnie z prawami fizyki, musi odbywać się z jego zwiększeniem w innych. Ocena korelacji wartości nacisków w różnych obszarach stopy w stosunku do wieku, wykazuje, że obszarami najbardziej zmieniającymi pod tym względem są obszar MMF (przyśrodkowe śródstopie), w którym zgodnie z przewidywaniami dochodzi do zmniejszania wartości nacisku wraz z wiekiem, oraz obszary FF2 i FF3 (środkowy i boczny obszar przodostopia), czyli okolice głów kości śródstopia II – V, w obrębie, których dochodzi do wzrostu nacisku w miarę wzrostu dziecka.

Podobny charakter zmian obserwował Davitt i wsp. [21] w badaniach poczynionych na podstawie operacyjnego leczenia stopy płaskiej metodą wydłużenia bocznego promienia stopy. Hennig i Rosenbaum [22] porównując wzory rozkładu nacisków stóp dzieci pomiędzy 14 a 32 miesiącem życia ze stopami osób dorosłych, również stwierdzili, istotne zmniejszenie nacisku w regionach MMF i LMF (przyśrodkowy i boczny obszar śródstopia) u osób dorosłych. Podobnie też, obserwowali zwiększenie nacisku w regionie głów kości śródstopia, przy czym, w obrębie FF1 notowali istotny wzrost nacisku. W innej pracy Henning i Rosenbaum [23] odnotowali zahamowanie tworzenia się łuku podłużnego stopy w okresie pomiędzy 6 a 11 rokiem życia. Idąc dalej tym tropem wyciągnęli oni wniosek, że w wieku lat 6 dochodzi do zakończenia tworzenia łuku podłużnego stopy. Wniosek ten wydaje się być błędny, gdyż dalsze intensywne formowanie się sklepienia stopy ma miejsce pomiędzy 12 a 14 rokiem życia [24]. Na uwagę zasługuje praca Hallemans i wsp. [25] obejmująca badaniem dzieci w wieku około pierwszego roku życia. Wynika z niej, że na tak wczesnym okresie rozwoju dziecka, obciążenia wywierane przez stopę są rozdystrybuowane, w sposób prawie jednakowy, pomiędzy wszystkie obszary pomiarowe z dużym udziałem przyśrodkowego śródstopia.

6. WNIOSKI

1. Badanie pedobarograficzne, jest metodą dokładniejszą od badania klinicznego i plantograficznego. Wskazuje na istnienie osobnej grupy stóp, która pod względem morfologii łuku podłużnego lokalizuje się pomiędzy grupą stóp tzw. „zdrowych” oraz „płaskich”. Analiza kliniczna sugeruje, że stopy te powinny być uważane za wariant zdrowej, normalnej stopy dziecięcej.
2. Istnieje ścisła zależność pomiędzy wzrostem wartości kąta Clarke'a a zmniejszaniem się nacisku w obrębie

4. Plantar pressure in the medial forefoot is a good pedobarographic parameter in judgement of plantar longitudinal arch.

obszaru przyśrodkowego śródstopia oraz jego wzrostem w obrębie środkowej i bocznej części przodostopia. Zależność ta, występuje również w odniesieniu do poprawy sklepienia stopy, ocenianego metodą badania klinicznego.

3. Rozkład sił nacisku stopy na podłoże zmienia się w miarę dojrzewania dziecka, w sposób odpowiedni do zmian w kształcie stopy. Zmiany te charakteryzują się okresami przyspieszeń i zwolnień, i są ściśle powiązane z okresami akceleracji wzrostowej. Są one najbardziej dynamiczne w obu obszarach śródstopia oraz środkowego i bocznego przodostopia, podczas gdy, obszary pięty i przyśrodkowej części przodostopia nie wykazują znaczącej zmienności.
4. Nacisk stopy na podłoże wywierany w obszarze przyśrodkowego śródstopia jest dobrym parametrem pedobarograficznym świadczącym o wysokości sklepienia podłużnego stopy.

References/Piśmiennictwo:

1. Garcia-Rodriguez A., Martin-Jimenez F., Carnero-Varo M., Gomez-Garcia E., Gomez-Aracena J., Fernandez-Crehuet J.: Flexible flat foot in children: a real problem? *Pediatrics*, 1999; 6: 1-3.
2. Kozłowski B., Łuba R.: Problemy płaskostopia u dzieci i młodzieży. *Biomechanika i profilaktyka statycznych zniekształceń stóp. Materiały z sesji naukowej Lublin, 4-5 XII 1979 r. red. Dega W., PZWL, Warszawa, 1980: 83-89.*
3. Morley A.: Knock-knee in children. *BMJ*, 1957;26: 976-979.
4. Niedzielski K., Łuba R.: Antropometryczne metody oceny stóp łasko-koślawych statycznych u dzieci. *Antropologia a medycyna i promocja zdrowia. red. Malinowski A., Łuczak B., Grabowska J. Krajowa Konferencja Naukowa „Antropologia a Medycyna i Promocja Zdrowia”, Łódź, 23-25.09.1993. Łódź 1996;2: 65-69.*
5. Armstrong D., Lavery L., Bushman T.: peak pressures influence the healing time of diabetic foot ulcers treated with total contact casts. *J Rehabil Res Dev.*, 1998 ;35:1-5.
6. Becker H., Rosenbaum D., Kreise T., Grengroß H., Claes L.: Gait asymmetry following successful surgical treatment of ankle fractures in young adults. *Clin. Orthop.*, 1995; 311: 262-269.
7. Cavanagh P., Ulbrecht J.: Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. *The Foot*, 1994;4: 123-135.
8. Chang C., Miller F., Schuyler M.: Dynamic pedobarograph in evaluation of varus and valgus foot deformities. *J. Pediatr. Orthop.*, 2002;22: 813-818.
9. Hughes J.: The clinical use of pedobarography. *Acta Orthop. Belg.*, 1993;59:10-6.
10. Libotte M., Zygas P., Giudici S., Noel B. : Podometrie electrique deux annees d'experience : rapport preliminaire. *Acta Orthop. Belg.*, 1992 ;58 : 448-452.
11. Radło W., Lorkowski J.: Zastosowanie kliniczne badania nacisków stopy na podłoże za pomocą Emed-systemu w diagnostyce wad i chorób stóp. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 1999; 64: 555-560.
12. Marshall J., Johanson N., Wickiewicz T.: Joint looseness: a function of the person and the joint. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1980;12: 189-194.
13. Micheli L., Greene H., Cassella M., Gruber J., Zurakowski D.: Assessment of flexibility in young female skaters with modified Marshall Test. *J. Pediatr. Orthop.*, 1999;19: 665-668.
14. Demczuk E.: Ocena wysklepienia podłużnego stóp u dzieci metodą Moire'a. *Fizjoterapia.*, 1993;1: 30-32.
15. Clarke H.: Application of measurement to health and physical education, Prentice Hall Inc. N.J. Englewood Cliffs.
16. Łuba R.: Ocena stanu zdrowotnego stóp dzieci. *Pr. Inst. Przem. Skórz. Łódź*, 1978;22: 147-160.
17. Cavanagh P., Rodgers M., Iiboshi A.: Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot&Ankle.*, 1987;7: 262-276.
18. Kandzierski G.: Badania osi kończyn dolnych i stóp dzieci w wieku od 3 do 6 lat. *Chir. Narz. Ruchu i Ortop. Pol.*, 1986;5: 392-397.
19. Craxford A., Minns R., Park C.: Plantar pressures and gait parameters: A study of foot shape and limb rotations in children. *J. Pediatr. Orthop.*, 1984;4: 477-481.
20. Wejsflog G.: Plantokonturografia. *Pol. Tyg. Lek.*, 1955;52: 1670-1677.
21. Davitt J., MacWilliams B., Armstrong P.: Plantar pressure and radiographic changes after distal calcaneal lengthening in children and adolescents. *J. Pediatr. Orthop.*, 2001;21: 70-75.
22. Henning E., Rosenbaum D.: Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. *Foot&Ankle*, 1991;11: 306-311.
23. Henning E., Rosenbaum D.: Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison with adults. *Foot&Ankle*, 1994;15: 35-40.
24. Rajchel Z. : Wysklepienie stopy w rozwoju osobniczym. *Przegl. Antrop.*, 1959; 25, 2: 421-429.
25. Hallemans A., D'Aout K., Clercq D., Aerts P.: Pressure distribution patterns under the feet of new walkers: The first two months of independent walking. *Foot&Ankle Int.*, 2003;24: 444-453.